

Ville Lindblom

TUOTANTOLAITOKSEN KUSTANNUS- TEHOKAS KÄYTTÖ

Tekniikka ja luonnontieteet
Diplomityö
Toukokuu 2019

TIIVISTELMÄ

Ville Lindblom: Tuotantolaitoksen kustannustehokas käyttö
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja tietotekniikan DI-tutkinto-ohjelma
Tarkastajat: Professori Marko Seppänen ja Professori Teemu Laine
Toukokuu 2019

Kustannusten ja niiden johtaminen on tärkeää yritystoiminnassa. Yrityksessä on välttämätöntä tietää ja tuntea mitä jonkin toiminnon kustannus on. Ilman kustannustietoa yrityksen talous ja kehittyvyys voi pysähtyä. Johdon laskentatoimen eri työkalut ottavat kantaa siihen, mitä yrityksen sisällä pitäisi tarkastella, että toiminnot kehittyvät yrityksen strategian mukaisesti. Johdon laskentatoimi ottaa kantaa yrityksen sisäiseen laskentatoimeen. Sisäisessä laskentatoimessa muodostetaan päätöksentekijälle oleellista ja tarkkaa tietoa päätöksentekoprosessin tueksi. Oikea tieto mahdollistaa päätöksentekijälle tukea päätöksentekotilanteessa.

Diplomityö tehtiin, jotta työn tilaava yritys saisi tietoonsa uuden tuotantolaitoksen aiheuttamat kustannukset. Kustannukset, joita haluttiin tutkimustyössä tutkia, rajattiin yhdessä diplomityön valvojan kanssa tutkimussuunnitelmaa tehdessä. Tuotantolaitoksen kustannukset jaettiin kahteen erilliseen osaan. Ensimmäinen osa oli tuotantolaitoksen käytönaikaiset kustannukset, johon sisältyi viiden eri toiminnon kustannukset. Toisena tutkittavana kohteena oli raaka-aine varaston kustannukset. Työssä varaston kustannukset ovat tuotantolaitoksen raaka-aineen kustannukset, jotka muodostuvat siitä, että raaka-ainetta joudutaan ottamaan prosessista varastoon uutta tuotantolaitosta varten. Pääomankustannuksen muodostaa kaksi eri metallia, jotka ovat kupari ja nikkeli. Pääomankustannuksia työssä on tarkasteltu tilaajan talousosastolta saatujen hinta- ja korkotietojen mukaisesti.

Tutkimustyön avulla selvisi, miten kustannukset muodostuvat tuotantolaitoksen käytön ja pääoman mukaan. Tutkimuksessa tarkasteltiin kustannuksia 14 viikon ajalta, kun raaka-ainetta olisi kerätty talteen ja käsitelty tuotantolaitoksessa. Tärkeimpänä työn tuloksena oli nähdä, miten kustannukset jakautuvat raaka-ainetonneja kohden. Tämä tieto on oleellinen tuotantolaitoksen käytön päätöksentekijälle, joka voi käyttää työn tuloksia tulevaisuudessa.

Diplomityö tarjoaa tuloksia, jotka muodostuvat uuden tuotantolaitoksen käytöstä. Työtä voi osittain myös käyttää tulevaisuudessa budjetoinnin aputyökaluna, kun tuotantolaitos on käynnistynyt. Yhtenä työn lopputulemana on uuden tuotantolaitoksen käytöstä vastaavalle henkilölle aputyökalu, joka auttaa näkemään, kuinka paljon kustannuksia muodostuu aina valitulla raaka-ainemäärällä, jolla halutaan tuotantolaitosta käyttää.

Avainsanat: Kustannukset, johdon laskentatoimi, sitoutunut pääoma, kustannustehokkuus.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Ville Lindblom: Cost-effective use of the production plant
Master of Science Thesis
Tampere University
Degree Programme in Management and Information Technology, MSc (Tech)
May 2019

Managing costs and cost management is very important for businesses. It is necessary to know what creates the cost of business. Without cost information, the company's development on economy can stop. The various tools of managerial accounting take a stand on what should be considered inside the company that the operations develop according to the company's strategy. The management accounting takes a stand on the company's internal accounting. In internal accounting, the decision-maker is provided with essential and accurate information to support the decision-making process. Correct information enables decision-makers to support decision-making situation.

The thesis was made in order to inform the company that ordered the work of the use costs of the new production plant. The limitations of work were done together with the Mater thesis supervisor in Boliden Harjavalta. The costs of the production plant were divided into two separate parts. The first part was the cost of operating the plant, which included the cost of 5 different functions. The other subject was the cost of the raw material warehouse. In the work, the cost of the raw material warehouse is the cost of the raw material of the plant, which consists in having the raw material from the process into the warehouse for a new production plant. The cost of capital consists of two different metals that are copper and nickel. The cost of capital at work has been examined in accordance with the price and interest rate information received from work ordered finance department.

The research revealed how the costs are based on the use of the plant and the committed capital. The study looked at costs over a period of 14 weeks when raw material was collected and processed at the plant. The most important result of the work was to see how the cost per ton of raw material is divided. This information is essential for the decision-maker of the plant to use the results of the work in the future.

The thesis offers results of using a new production facility. Part of the work can also be used as a budgeting tool in the future when the production plant has started. One of the final rolls of the work is also a tool for the person responsible for using the new production plant, which helps to see how much cost is generated by the amount of raw material that the plant is supposed to use.

Keywords: Cost, managerial accounting, committed capital, cost-effectiveness

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Vuonna 2012 aloitin automaatiotekniikan insinöörin opinnot ja valmistuin 2015 Satakunnan Ammattikorkeakoulusta. Samana vuonna, kun valmistuin päätin, että opiskelut eivät jää tähän ja jatkan vielä eteenpäin yliopistoon. Päätös kannatti, koska yliopisto on opettanut itselle paljon. Diplomityön kirjoittaminen on ollut mielenkiintoinen prosessi, jossa olen päässyt yhdistämään oppimaani yliopistossa sekä kokemustani metalliteollisuudesta. Uskon, että tämä on erittäin arvokasta henkilökohtaisesti tulevaisuudessa. Tavoitteeni on päästä kehittämään ja johtamaan suomalaista teknologiateollisuuden yritystä.

Kovalla työllä hyviä asioita tapahtuu, kaikki opiskeluni ovat suoritettu työn ohella. Joskus on ollut vähän raskastakin, mutta haluan kiittää äitiäni, mummuani ja ystäviäni ketkä ovat kannustaneet ja auttaneet tarpeen vaatiessa. Maailmassa ei saa mitään ilmaiseksi, joten tuntuu erittäin hyvältä kirjoittaa tätä tekstiä, kun huomaa, että jotain hienoa ja arvokasta on saavuttamassa.

Kiitokset kuuluvat myös Boliden Harjavallalle, että antoi mahdollisuuden tehdä diplomityön mielenkiintoisesta aiheesta. Erityisesti kiitos kuuluu Boliden Harjavallassa Petri Latostenmaalle, ketä oli työpaikalla diplomityöni ohjaajana. Haluan myös kiittää hyvästä työnohjauksesta ja keskusteluista työn tarkastajiani Teemu Lainetta sekä Marko Sepästä Tampereen Yliopistosta.

Porissa, 20.05.2019

Ville Lindblom

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	1
1.1Taustaa.....	1
1.2Työn tavoitteet	2
1.3Tutkimusmenetelmä	3
1.4Kohdeyrityksen esittely	4
2. KIRJALLISUUSKATSAUS	5
2.1Tuotanto käsitteenä yleisesti	5
2.1.1 Tuotantomuodon valinta.....	7
2.1.2 Tuotannon tavoitteet	11
2.2Johdon laskentatoimi.....	13
2.3Kustannuslaskenta	14
2.4Johdon laskentatoimen rooli yrityksen päätöksenteossa	18
2.5Yrityksen varastojen hallinta.....	22
2.6Kirjallisuustarkastelun yhteenveto	25
3. TUTKIMUSMENETELMÄT	26
3.1Lähtötiedot työlle.....	26
3.2Miten asioita on tarkasteltu.....	27
3.2.1 Logistiikka lähtötietojen kerääminen	28
3.2.2 Logistiikkakustannusten ja -aikojen tietojenkeruutyö	29
3.2.3 Tuotantohyödykkeet.....	32
3.2.4 Henkilöstökustannukset	34
3.2.5 Sitoutunut pääoma varastoon	35
3.3Laskelmien tekeminen.....	37
3.3.1 Ensimmäinen toiminto	38
3.3.2 Toinen toiminto.....	39
3.3.3 Kolmas toiminto.....	40
3.3.4 Neljäs toiminto.....	42
3.3.5 Viides toiminto	43
3.4Sitoutuneen pääoman kustannukset	46
4. TULOKSET.....	48
4.1Tuotantolaitoksen käyttökustannukset	48
4.1.1 Laskennan perustana olevat tulokset logistiikka toiminnoista	51
4.1.2 Laskennan perustana olevat tulokset tuotantohyödykkeiden kulutuksesta	56
4.2Tuotantolaitoksen sitoutuneen pääomankustannukset	60
4.3Sitoutuneen pääomankustannukset sekä käyttökustannukset	62
5. SUOSITUKSET TUOTANTOLAITOKSEN AJOTAVASTA	63
5.1Ensimmäinen suositus tuotantolaitoksen käytölle	63
5.2Toinen suositus tuotantolaitoksen käytölle	66
6. PÄÄTELMÄT	69
6.1Tavoitteiden saavutus ja työn tuloksien merkitys	70
6.2Työn tuloksien merkitys tuotantolaitoksen käyttäjälle.....	71
6.3Jatkotutkimusalueet.....	72

LÄHTEET	73
---------------	----

LIITE A: Ylös- ja alasajon kyselyn vastaukset. (Salattu työstä)

LIITE B: Pääomakustannus virallisesti laskettu (Salattu työstä)

LIITE C: Väliesitys diplomityön tuloksista Boliden Harjavallalle. (Salattu työstä)

LYHENTEET JA MERKINNÄT

<i>Kwh</i>	Kilowattitunti
<i>t</i>	Tonni
<i>g/t</i>	Grammaa/tonni
<i>t/h</i>	<i>Tonnia tunnissa</i>
<i>h</i>	<i>Tunti</i>
<i>g</i>	<i>Gramma</i>

1. JOHDANTO

Diplomityö on tehty Boliden Harjavallalle. Diplomityön eri vaiheiden kysymyksien selvittämiseen ja oikean tiedon löytämiseen on osallistunut eri henkilöitä, jotka toimivat Boliden Harjavallassa eri toiminnoissa. Tässä kappaleessa selvitetään työn tavoitteita ja esitellään työn rakennetta.

1.1 Taustaa

Yrityksen toiminnassa esiintyy useita yksittäisiä toimintoja, jotka aiheuttavat kustannuksia. Yrityksessä muodostuneet kustannukset voidaan jakaa yrityksen sisällä eri kustannuspaikoille, jotta toiminnoista aiheutuvia kustannuksia voidaan tarkastella tarkasti toiminto- tai yksikkökohtaisesti. (Suomala *et al.*, 2011)

Tässä työssä tarkastellaan kustannuksia, jotka syntyvät yhden tuotantolaitoksen operatiivisesta käytöstä. Tutkimuksessa on jaoteltu tutkittavan tuotantolaitokseen kuuluvat toiminnot viiteen eri osaan, ja niiden kustannuksia on tarkasteltu toimintokohtaisesti mahdollisimman tarkasti. Toiminnot alkavat raaka-ainevarastolta ja loppuvat tuotantolaitoksen tuotteisiin. Työn tarkoituksena on tutkia, miten kustannukset muodostuvat ja mikä on kustannuksiltaan parhain vaihtoehto tuotantolaitoksen käytölle.

Diplomityön kirjallisuustarkastelun osiossa käydään läpi tutkimusta varten olevaa olennaista teoriaa. Työn teoriaosuudessa tarkastellaan johdon laskentatoimeen liittyviä teoreettisia käsitteitä. Työ alkaa tuotannollisen toiminnan teoriasta siirtyen johdon laskenta-toimen teorioihin, joita ovat kustannuslaskenta, johdon laskentatoimi ja varastojen hallinta.

Yrityksen varastojenhallinnan ja varaston tason oikeaa ja kustannuksiltaan tehokasta määrää on tutkittu paljon. Buzacott & Zhang ovat tutkineet varastojenhallintaa yrityksen varallisuuden mukaisesti. Tutkimustyössään he ovat tehneet suosituksia, että varastojenhallinta pitää olla yrityksen sisällä tarkassa kontrollissa ja sitä tulee tarkastella useasti, ettei pääoman sitoutuneet kustannukset pääse nousemaan suuriksi. (Buzacott & Zhang, 2004) Tässä työssä on tarkasteltu kustannuksia, jotka syntyvät raaka-aineen varastoinnista. Raaka-aineen varastoinnista syntyviä kustannuksia kutsutaan pääoman kustan-

nuksiksi, jotka muodostuvat siitä, kuinka kauan raaka-ainetta pidetään varastossa hyödyntämättä. Tässä tutkimuksessa havaitaan, että pääomakustannuksien osuus kokonaiskustannuksista on merkittävä.

Työn lopputulemana on nähdä, miten tuotantolaitoksen käytön kustannukset ja pääomakustannukset yhdistettynä muodostavat päätöksentekijälle mahdollisuuden valita kustannuksiltaan sopivan vaihtoehdon. Päätöksentekotilannetta on tutkittu Sanjeew Swamin toimesta, Sanjeew Swami tutki, miten eri tiedot ja päätöksenteon ympäristö vaikuttavat päätöksentekotilanteeseen. Päätöksentekotilanne on aina varmempi, kun on luotettavaa ja mitattua tietoa, jotka liittyvät tehtävään päätökseen. (Swami, 2012)

Työn kolmas osio käsittelee tutkimusmenetelmiä. Tutkimusmenetelmät -osassa käydään läpi, miten tiedot ovat tutkimukseen kerätty ja miten asioita on tarkasteltu. Tuloksia käsitellään tutkimuksen neljännessä osiossa. Tulokset -osassa on tarkasteltu kaikki toiminnot, jotka aiheuttavat kustannuksia valituilla teoreettisilla raaka-aineen syntymäärillä. Tuloksissa voidaan havaita erittäin tarkasti, miten kustannukset kehittyvät ja mistä kustannukset muodostuvat. Suosituksissa osiossa viisi on suositeltu tilaajayritykselle tulosten pohjalta kaksi erivaihtoehtoa. Työn tarkoituksena on osoittaa taloudellisin tuotantolaitoksen käyttötapa, mihin on yhdistetty pääomakustannus sekä tuotantolaitoksen käytön kustannukset. Diplomityö loppuu päätelmiin, jossa on yhteenvetoa tutkimuksesta.

1.2 Työn tavoitteet

Diplomityön päätavoitteena oli tutkia Boliden Harjavallalle uuden tuotantolaitoksen taloudellisin käyttövaihto/ajotapa. Tutkinnan kohteena oli käyttökustannukset sekä varastoihin sitoutuneet pääomakustannukset. Käyttövaihtoehtojen valintaan vaikuttaa raaka-aineen pääomakustannukset sekä tuotantolaitoksen käyttökustannukset. Seuraavat tekijät valikoituivat tutkittavaksi tuotantolaitoksen käytönaikaisiin kustannuksiin:

- Logistiikkakustannukset
- Henkilöstökustannukset
- Tuotantohyödykkeiden kustannukset
- Energiakustannukset
- Sitoutuneet pääomakustannukset

Työn tavoite oli selvittää edellä mainittujen toimintojen kustannukset sekä peilata kustannuksia tuotantomääriin, joita tuotantolaitoksessa käsitellään. Lisäksi työn tavoitteena on luoda työkalu, joka auttaa päätöksentekijää hahmottamaan, milloin tuotantolaitoksen käynnistäminen olisi mahdollisimman kustannustehokasta. Tutkimuksen avulla päätöksentekotilanne helpottuu, kun tuotantolaitoksen teoreettisella raaka-ainemäärällä on tutkittu tulevat kustannukset jo etukäteen.

1.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusstrategiaksi valikoitui case-tutkimus eli tapaustutkimus. Case-tutkimus on intensiivistä sekä yksityiskohtaista tietoa tapauksesta tai pienestä joukosta tapahtumia, jotka liittyvät toisiinsa. Case-tutkimuksessa tarkastellaan useampaa tai yhtä tapahtumaa. Tiedonhankinnanosalta menetelmäksi voidaan valita kvalitatiivisia sekä kvantitatiivisia menetelmätapoja, jotka ovat esimerkiksi kyselyjä, havainnointeja tai haastatteluja. Case-tutkimus voi olla myös jonkun tapahtuman kuvailemista, aikaisemman teorian testausta tai uuden teorian luomista. Yin on tutkimuksessaan ”Case study crisis” tutkinut ja selvittänyt case-tutkimuksen lähtökohtia ja mitä case-tutkimuksessa tulee huomioida. Yinin mukaan tapaustutkimusta on kritisoitu usein, koska tapaustutkimuksessa voi puuttua tieteellinen kurinalaisuus. (Yin, 1981) Tämän diplomityön empiirisessä osassa käytettiin tapaustutkimusta.

Tutkimuksen aineiston keräämisen menetelmänä käytettiin hyväksi niin kvalitatiivista kuin kvantitatiivisia tiedonkeruumenetelmiä. Kvalitatiiviseksi, toisin sanoen laadulliseksi menetelmäksi, valittiin haastattelu, joka toteutettiin lomakehaastatteluna. Haastattelut löytyvät työn liitteestä 1. Logistiikan lähtötiedot ja tiedonkeruutyö tehtiin kvalitatiivisella menetelmällä eli kyselyillä sekä käytännönkokeilla Boliden Harjavallassa. Tutkimuksen kvantitatiivinen eli määrällinen aineisto kerättiin Boliden Harjavallasta, jotka olivat saaneet lähtötiedot tuotantolaitokseen päälaitetoimittajalta. Talouteen liittyvät luvut sekä tiedot työhön saatiin Boliden Harjavallan Business controllerilta. Tutkimustyön tavoitteena on selvittää tuotantolaitoksen kokonaiskustannukset tutkimuksessa olevan 14 viikon tarkastelujaksolta. Tutkimuksen lopputulemana on suositus tuotantolaitoksen käytölle. Suositukset pohjautuvat diplomityön tutkimusten lopputuloksiin. Boliden Harjavallalle suositellaan kahta vaihtoehtoa tutkimuksen perusteella.

1.4 Kohdeyrityksen esittely

Boliden Harjavalta Oy sijaitsee Länsi-Suomessa Harjavallan kaupungissa. Yhtiöllä on pitkät perinteet teollisesta toiminnasta Suomessa. Yhtiön sulatto on toiminut Harjavallan kaupungissa vuodesta 1944. Boliden Harjavallan päätuotteita ovat:

- kupari
- nikkeli
- kulta
- hopea

Lisäksi sivutuotteena valmistuu rikkihappoa, joka myydään eri teollisille asiakkaille.

Boliden Harjavallan tehtaat sijaitsevat Harjavallassa ja Porissa. Kuvassa 1 on esitettyä suurteollisuuspuiston alue, jossa Boliden Harjavallan tehtaat sijaitsevat. Tehtaissa työskentelee yhteensä 530 henkilöä. Harjavallassa Bolidenilla on kupari- ja nikkelisulatto, rikkihappotehtaat ja rikastamo. Porissa Boliden Harjavallalla on kuparielektrolyysi, joka käsittelee kuparisulaton tuottamat kuparianodit ja jalostavat niistä puhtaita kuparikatodeja. (Boliden Harjavallan www-sivut, 2019)



Kuva 1. Boliden Harjavallan yleiskuva Harjavallan suurteollisuuspuistosta. (Boliden Harjavallan www-sivut., 2019)

2. KIRJALLISUUSKATSAUS

Kirjallisuuskatsauksessa käydään läpi työn kannalta oleellista teoriaa. Työn teoriaosuus liittyy vahvasti tuotantotalouden käsitteisiin ja keskeisiin asioihin. Teoriaosuudessa käsitellään johdon laskentatoimea, tuotantoa ja siihen liittyvää suunnittelua, kustannuslaskentaa sekä varastonhallinnan kysymyksiä.

2.1 Tuotanto käsitteenä yleisesti

Tuotantolaitoksen prosessia pidetään valmistavan yrityksen keskeisimpänä toimintona. Tuotannon ja toiminnan johtamisen suurimmat päätökset sekä suurimmat ongelmat liittyvät useasti tuotantoprosessien hallintaan sekä niiden kehittämiseen. Yrityksessä tuotannollinen toiminta muuttaa tuotannontekijöistä tuotteita markkinoille. Teollisessa tuotannossa pyritään korkeaan tuottavuuteen pitkälle viedyllä tehtävänjaoilla, erikoistumisilla sekä tehokkailla valmistusmenetelmillä. Tuotantoa käytetään määritelmänä hyvin yleisesti laajemmassa mittakaavassa. Tuotantomääritelmällä käsitetään nykyään kaikkia toimintoja yrityksessä, joita tarvitaan tuotteiden tai palvelun muodostamiseksi. (Haverila *et al.*, 2009)

Tuotannon laajalla määrittelyllä pyritään tuotantoa tekevän yrityksen eri toimintojen ja tehtävien muodostaman kokonaisuuden hallintaan. Tuotantojärjestelmien kehittäminen sekä tuotannonohjaaminen edellyttävät tuotannon toimintojen välisten riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteiden kokonaisuuden hahmottamista. (Haverila *et al.*, 2009)

Maravelias ja Sung ovat tutkineet tuotannonsuunnittelua ja tuotannon aikatauluja. He ovat tutkimuksessaan ottaneet huomioon logistiikan aiheuttamat ongelmat, miettineet varastoinnin ongelmia sekä tuotannon strategisia suunnitelmia. Työssään he ovat peilanneet olemassa olevaan teoriaa siitä, että kun varastot pidetään mahdollisimman pieninä, yrityksen kustannukset pysyvät alhaisina sekä asiakastyytyväisyys pysyy korkealla, koska tuotteita saadaan toimitettua asiakkaille kysynnän mukaan. Tutkimuksessaan he ovat tutkineet ja yrittäneet optimoida sekä yhdistää logistiikan toimitusketjua, tuotannonsuunnittelua ja lyhyen tähtäimen aikataulutusta tuotannossa. Tutkimuksen mukaan on erittäin tehokasta lähteä yhdistämään näitä tuotantolaitoksen kriittisiä toimintoja eri matemaattisten mallien kautta, joskin mallien rakentaminen vaatii syvää ymmärrystä, miten yritys toimii ja mitä rajoitteita yrityksen sisällä voi olla. Tutkimuksen mukaan tämä on

mahdollista. He ovat käyttäneet tuotannollisen toiminnan teorioita ja yrittäneet yhdistää niitä mahdollisimman hyvin. (Maravelias & Sung, 2008)

Prosessiteollisuudessa käytetään suunnittelua tuotannon tavoitteiden toteutumiseksi. Tuotannon suunnittelun toimintoon liittyy vahvasti seuraavia asioita. (Kallrath, 2002)

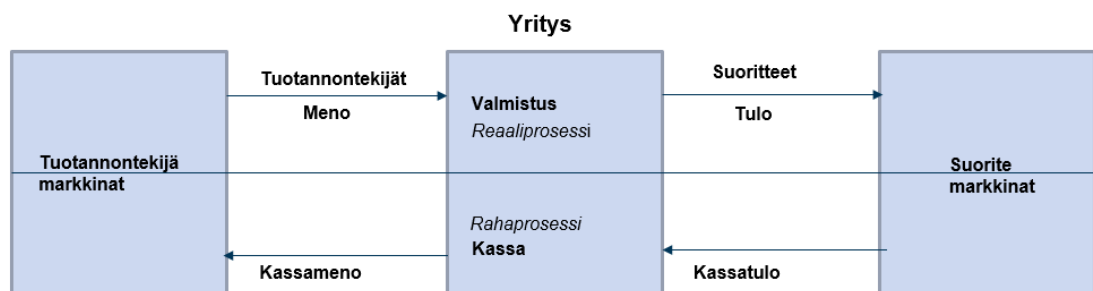
- Tuotannon aikataulut
- Tuotteen jakelu
- Operatiiviset suunnitelmat

Erityisesti operatiiviset suunnitelmat ovat tuotannon tärkein elementti. Operatiivisella suunnitelmalla määritetään esimerkiksi, kuinka paljon tuotteen tekemiseen tarvitaan raaka-ainetta ja kuinka paljon tuotetta pitää tuottaa tietyllä aikavälillä mahdollisesti asiakkaille. On yleistä, että mainituille tuotannonsuunnittelun kohdille on kaikille määritelty erittäin tarkat ja yksityiskohtaiset suunnitelmat. Tuotannonsuunnitelmiin kuuluvat myös toimintasuunnitelmien määrittäminen niin pitkälle kuin lyhyellekin aikavälille. Toimintasuunnitelman pitää tukea yrityksen strategiaa. (Kallrath, 2002)

Tuotannon tuotannontekijät muodostuvat niistä keskeisistä resursseista, jotka luovat mahdollisuuden tuotannotoimintaan. Tuotannontekijät jaetaan perinteisesti seuraavalla tavalla: (Haverila *et al.*, 2009)

- työ
- pääoma
- materiaali

Tuotannontekijöissä työn käsite muodostuu kaikkien yrityksen toimivien työntekijöiden työnpanoksesta. Materiaaleihin kuuluvat kaikki tuotantohyödykkeet, joita yritys käyttää tuotannon tekemiseen, esimerkiksi raaka-aineet, vesi, komponentit tai varaosat, sekä energia. Pääomaa taas tarvitaan tuotannonprosessin rakentamiseen sekä vaadittaviin investointeihin. Pääoma sitoutuu myös raaka-ainevarastoihin sekä käyttöpääomaan, jolla maksetaan tuotannontekijät. Käyttöpääomaan tuotannontekijät sitoutuvat ennen, kun valmistetuista tuotteista saadaan maksu markkinoilta. Kuvassa 2 on esitetty tuotannontekijöiden prosessikaavio. (Haverila et al., 2009)



Kuva 2. Raha- ja reaaliprosessien liitos suorite- ja tuotannontekijöiden markkinaan. (Suomala et al., 2011)

2.1.1 Tuotantomuodon valinta

Tuotantostrategian määrittelee yleensä yrityksen visio mitä yritys haluaa olla. Tuotantostrategian pääkohtia ovat seuraavat: (Lehtonen, 2004)

- Tuotantoprosessien valinnat
- Omat valmistukset ja osien hankinnan ero
- Tuotannon kapasiteettien määrittäminen, ajoitus sekä sijainti

Valinnat tuotantomuodon suunnittelun perustaksi riippuvat seuraavista tekijöistä: raaka-aine, resurssit sekä tuotteen valmistuksessa käytettävä teknologia. Valinnat aloitetaan sillä, mitä yritys tekee itse ja mitä mahdollisesti ulkoistaa tai ostaa muilta yrityksiltä. Myös päätökset, millä tavalla tuote tehdään ja kuinka paljon halutaan mahdollisesti automatisoida tuotantoa, vaikuttaa suunnitteluprosessin suunnitteluun merkittävästi. (Krajewski & Ritzman, 2005)

Tuotantomuoto, jonka yritys on valinnut, määrittää suurelta osin toiminnan ohjauksen, toiminnan johtamisen sekä tuotantojärjestelmien ominaisuudet. Yritys ei pysty valitsemaan harjoittamansa tuotannonmuotoa vapaasti. Tuotantomuoto valikoituu tuotteen valmistusmäärien, valmistustekniikan, konstruktion sekä jakelutien perusteilla. (Suomala *et al.*, 2011)

Erilaisia tuotantomuotoja voi olla seuraavia:

- Yksittäistuotanto
- Erätuotanto
- Valmistuslinja
- Jatkuvatoiminen prosessituotanto

Yksittäistuotanto voi olla esimerkiksi yksi projekti tai jonkun yksittäisen räätälöidyn tuotteen valmistaminen. Yksittäistuotannon esimerkkinä voidaan pitää laivanvalmistusta jollekin yritykselle räätälöitynä. (Lehtonen, 2004)

Erätuotanto poikkeaa yksittäistuotannosta seuraavalla tavalla. Erätuotannossa voidaan valmistaa tiettyä tuotetta tietyn erän verran, mutta ei jatkuvatoimisena. Erätuotantoa kutsutaan myös toisella nimellä panosprosessiksi. Yleensä erätuotannossa tuotevalikoima voi olla laaja, mutta erätuotannon ongelma voi olla asetusajojen kesto. Asetusajalla tarkoitetaan, kuinka kauan kestää mahdollinen laite- tai prosessimuutos, kun prosessi vaihdetaan valmistamaan jotain muuta tuotetta. (Lehtonen, 2004)

Tehokas tapa valmistaa samaa tuotetta tai tuoteperhettä massana kutsutaan valmistuslinjaksi. Valmistuslinjalla pyritään valmistamaan tiettyä tuotetta mahdollisimman tehokkaasti ilman suuria asetusajoja. Valmistuslinjalla pyritään valmistamaan mahdollisimman suuria eriä pienin kustannuksin sekä välivarastoin. Hyvänä esimerkkinä valmistuslinjasta voidaan pitää autotehtaan valmistuslinjaa, jossa kootaan autot mahdollisimman tehokkaasti linjalla alusta loppuun. (Lehtonen, 2004)

Jatkuvatoimiset prosessituotannot ovat yleensä erilaisia kemianprosesseja tai muita teollisuuden prosesseja. Jatkuvatoimiset prosessituotannot ovat päällä ympäri vuorokauden ja mahdollisesti ympäri vuoden. Jatkuvatoimiset prosessit ovat yleensä luonteeltaan hyvin vaikeita pysäyttää ja vaativat pitkät ylös- ja alasajoajat. (Lehtonen, 2004)

Tuotannon kapasiteettivalintoja koskevat merkittävät päätökset ovat seuraavat:

- Kapasiteetin lisäyksen määrä
- Sijoittaminen
- Lisäyksen ajoitus

Kapasiteetin lisäyksen määrät riippuvat merkittävästi siitä, mikä on yrityksen markkinatilanne ja miten markkinatilanne nähdään yrityksessä. Lisäyksen ajoitus konkretisoituu yleensä kapasiteetin lisäyksen määränä yritykselle, jos markkinatilanne sen sallii. (Lehtonen, 2004)

Yrityksen sijoittamiseen liittyvät päätökset vaihtelevat yleensä siitä, millä toimialalla yritys toimii. Jos yritys esimerkiksi käyttää suuria määriä tiettyä raaka-ainetta, pyrkii yritys yleensä sijainnillaan pääsemään mahdollisimman lähelle raaka-ainelähdettä. Myös erilaisten tuotannonhyödykkeiden saanti voi vaikuttaa yrityksen sijaintiin, esimerkiksi veden ja sähkön saanti. Sijoittumisen näkökulmat ovat moninaisia yrityksen kannalta. Sijoittumiseen voi liittyä näiden lisäksi työvoiman saanti, logistiikkakustannusten minimointi sekä markkinoiden läheisyys. (Lehtonen, 2004)

Palvelualojen ja valmistavan teollisuuden strategiat eroavat toisistaan oleellisesti fyysisten varastojen osalta. Palvelualoilla ei voida suorittaa samantapaista prosessinohjausta, kuten valmistavassa teollisuudessa tuote tehdään suoraan varastoon odottamaan tilausta. Valmistavassa teollisuudessa tuote kasataan tai valmistetaan tilauksesta. Edellä mainitut valmistustavat valmistavassa teollisuudessa määrittelevät myös osaltaan valittavan prosessin kriteerejä. (Slack *et al.*, 2013)

Tuotteen valmistuksella suoraan varastoon -strategialla pyritään minimoimaan asiakkaalle toimitettavan tuotteen odotusaikaa. Strategia toimii yleensä sellaisille tuotteille, jotka tiedetään olevan korkean volyymin myyntituotteita sekä sellaisille markkinoille, jonka menekkiä pystytään hyvin arvioimaan. Tuotteen valmistus suoraan varastoon sopii yleensä jatkuvatoimisille prosesseille tai suurille valmistuslinjoille. (Slack *et al.*, 2013)

Tuotteen kasaaminen asiakkaan tilauksesta tarkoittaa, että heti tilauksen saadessaan yritys alkaa kokoonpanna tilattua tuotetta. Tyypillisesti yrityksessä voi olla useita tuotteita, joiden osat ovat varastoituna ja saadaan nopealla aikataululla koottua tuotteeksi asiakkaalle. Tämä valinta luo yrityksen tuotevalikoimaan tietynlaista joustoa, mutta myös rajoitteita. Tilauksesta valmistukseen -strategialla pyritään vähentämään asiakkaan odotusaikaa sekä luoda mahdollisesti enemmän mahdollisuuksia yritykselle tuottaa ja myydä tuotteita markkinoille. (Slack *et al.*, 2013)

Valmistus tilauksesta -strategiaa käyttävät yritykset toimivat yleensä pienen volyymin markkinoilla ja tuotteita voi mennä harvoin. Yleensä tuotteen valmistukseen tilataan raaka-aineet ja mahdolliset osat vasta sitten, kun tilaus on tullut asiakkaalta. Yleensä valmistaminen voi olla kompleksista ja aikaa vievää, kun tehdään räätälöityä tilauksia. Tuotteella voi olla myös pitkä valmistusaika, koska raaka-aineet ja mahdolliset järjestelyt tuotannossa voi viedä aikaa, jotta tuotetta pystytään valmistamaan. (Slack *et al.*, 2013)

2.1.2 Tuotannon tavoitteet

Kilpailutekijät, jotka yritys on valinnut sekä niiden yhdistelmät määrittelevät tuotannolle ja tuotannon johtamiselle asetettavat tavoitteet. Yleisesti tuotannolle voidaan asettaa seuraavia kilpailulähtöisiä tavoitteita: (Haverila et al., 2009)

- Kustannustehokkuus
- Laatu
- Aika
- Joustavuus

Kustannustehokkuus on yrityksessä keskeisimpiä tuotannon tavoitteita. Kokonaiskustannukset tuotannossa pyritään minimoimaan resurssien tehokkaalla käyttämisellä sekä pitämällä toimintaan sitoutuneen pääoman mahdollisimman pienenä. Merkittävin osa kustannustehokkuudesta riippuu materiaalihankintojen edullisuudesta. Materiaalien kustannukset ovat useasti työ- ja pääomakustannuksia suurempia. Yrityksen kustannustehokkuus yleensä johtaa pienentyviin yksikkökustannuksiin, jolloin yritys on kannattavampi ja yrityksen hintakilpailukyky kasvaa. (Haverila et al., 2009)

Laadun käsitteeseen liittyy useita erilaisia ominaisuuksia sekä erilaisia tunnusmerkkejä. Ominaisuudet eivät ole toisiaan poissulkevia vaan ennemminkin täydentäviä. Yrityksen kulttuuri määrittää eri näkökulmien painoarvon. Tarkastelunäkökulmia on 5 kappaletta.

- Valmistuslaatu
- Tuotelaatu
- Kilpailulaatu
- Ympäristölaatu
- arvolaatu

Valmistuslaatu -käsite kohdentuu valmistusprosessiin ja varmistaa osaltaan tuotteiden valmistuksen määräysten mukaisesti. Tuotelaatu käsitteenä korostaa suunnitelmallisuuden osuutta tuotteen laadun määrittelyssä. Prosesseja kehittämällä pyritään välttämään ja ennakoimaan virheitä. Kilpailulaatu tarkoittaa sitä, että laatu on riittävää, kunhan se on yhtä hyvää kuin mahdollisilla kilpailijoilla. Ympäristölaatu käsitteenä tarkoittaa laadun mittaamista esimerkiksi ympäristön ja yhteiskunnan kannalta. Viimeisenä käsitteenä on arvolaatu, joka tarkoittaa laadun näkökulmasta sitä, että tuote, jota yritys valmistaa, antaa tuote parhaan mahdollisen arvon sijoitetulle pääomalle. (Lecklin, 2006)

Asetetut aikavaatimukset tuotannolle näkyvät kahtiajakoisesti. Yrityksen toimitusnopeuden kehitys vaatii nopeaa tilaus- ja toimitusprosessia. Asiakasohjautuvassa tuotannossa on ensiarvoisen tärkeää tuotannon nopeus, koska tuote valmistetaan asiakkaan tilauksen perusteella. Yrityksissä on keskitetty poistamaan tuotantoprosessien läpäisyäikää, koska yrityksissä on huomattu, että läpäisyajan nopeus tehostaa tuotannon prosesseja sekä parantaa toiminnan laatua. Läpäisyajan lyhentämisellä on myös vaikutus kustannusten alenemiseen. (Haverila et al., 2009)

Joustavuuskäsitteellä tarkoitetaan kustannustehokkuutta ja nopeutta, jolla tuotantolaitoksen prosessia voidaan muuttaa tarpeen vaatiessa. Joustavuudelle on erilaisia tyypejä, joita ovat esimerkiksi volyymijoustavuus sekä volyymijoustavuus tuotevalikoiman vaihtelulle. (Haverila et al., 2009)

Volyyminjoustavuudella tarkoitetaan yrityksen tuotannon kyvykkyyttä reagoida tuotannon määrän vaihteluihin. Volyymijoustavuutta tarvitaan erityisesti sellaisilla markkinoilla ja aloilla, joilla tuotteen menekki vaihtelee. Käytännössä joustavuus ilmenee nopeutena, jolla voidaan siirtyä toisenlaiseen tuotannonmuotoon tarvittaessa. Nopeus tuotannon muuttamiselle on erittäin tärkeää varsinkin sellaisille yrityksille, joiden markkinoiden muutosnopeus on suuri. Yrityksen joustavuus voi tarkoittaa myös uudenlaisen tuotantoteknologian käyttöönottoa nopealla aikataululla. Uuden teknologian nopea käyttöönotto kehittää yrityksen kilpailukykyä tehokkaalla tavalla. (Haverila et al., 2009)

Edellä mainittujen tuotannon tavoitteita pidetään usein keskenään ristiriitaisena ja käytännössä joskus joudutaan tekemään näiden välillä valintoja. Valinnat tuotannossa pitää lähteä yrityksen asettamasta strategiasta sekä markkinoiden tarpeesta. (Haverila et al., 2009)

2.2 Johdon laskentatoimi

Organisaatioiden arki on erilaisten valintojen tekemistä. Yrityksen johdon on valittava ja tunnistettava ne tavoitteet, johon yrityksen organisaatio pyrkii. Yrityksen johdon on mietittävä, arvioitava ja suunniteltava ne keinot ja toimenpiteet, joilla organisaatio pääsee asetettuihin tavoitteisiinsa. Yrityksen johdon on pohdittava, mitä välineitä ja resursseja esimerkiksi tarvitaan, jotta tavoitteisiin päästään. (Suomala *et al.*, 2011) Johdon laskentatoimea voidaan siis kuvata myös sanalla strateginen johtaminen. Johdon laskentatoimeen liittyy paljon erilaisia yksittäisiä osia, jotka liittyvät yrityksen muodostamaan strategiaan. Se edellyttää yrityksen johdolta pitkän aikavälin sekä lyhyen aikavälin toiminnan tavoitteiden ymmärtämistä sekä sitä, että yrityksen johto on ymmärtänyt ja linjannut organisaatiolle suunnan, jota kohti organisaation on kuljettava, jotta organisaatio kulkee kohti tavoitteitaan. (Ward, 1992)

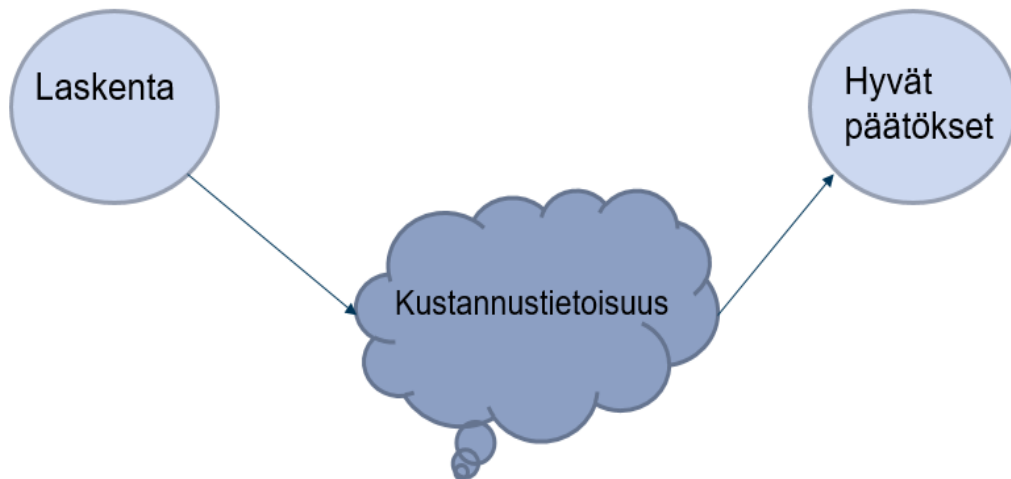
Valintoja tehdään organisaation sisällä kaiken aikaa ja jokaisella tasolla. Yrityksen ylin johto tekee strategiaan liittyviä valintoja ja päätöksiä. Päätöksiä tehdään myös esimerkiksi tuotannossa, jossa tehdään päätöksiä päivittäin liittyen annettuihin tavoitteisiin. (Suomala *et al.*, 2011) Strategiat ovat yrityksessä suunnitelmia ja johdon laskentatoimen prosessi tarkastelee näitä asioita ja katsoo, että suunnitelmat toteutuvat, jotka johtavat yritystä kohti haluttua suuntaa. Osa tavoitteista on kestoaltaan pitkäaikaisia ja toimenpiteet toteutetaan yleensä dynaamisessa ja jatkuvasti muutoksen alla olevassa liiketoimintaympäristössä. (Ward, 1992)

Johdon laskentatoimen yksi päätavoitteista on luoda selvä käsitys päätöksentekijöille erilaisissa päätöksentekotilanteissa. Käsityksen luominen tarkoittaa sitä, että päätöksentekijöille on tarjottu oikeaa ja kyseiseen päätöksentekotilanteeseen oleellista tietoa päätöstä tukeakseen. (Suomala *et al.*, 2011)

Laskentatoimi jakautuu yleisesti kahteen eri osaan yrityksen sisällä, niin sanottuun ulkoiseen laskentatoimeen sekä sisäiseen laskentatoimeen. Johdon laskentatoimi liittyy vahvasti yrityksen sisäiseen laskentatoimeen. Johdon laskentatoimi käsitteenä tulisi ymmärtää yrityksen sisäisenä palveluna, jonka rooli on tukea yrityksen päätöksentekijöitä eri valinnoissa, jota yrityksessä tehdään. (Suomala *et al.*, 2011) Myös yhtenä näkökantana johdon laskentatoimi nähdään organisaation funktiona, jossa yleisesti laskentatoimen eri toiminnot muodostetaan ja jalostetaan johdon laskentatoimeen liittyväksi, joita esimerkiksi eri business controllerien tuottamaa tietoa jalostetaan tiedoksi päätöksentekijöitä varten. (Suomala *et al.*, 2011) Jalostettu tieto päätöksentekijöille ovat esimerkiksi yrityksen taloudellinen tilanne ja yrityksen taloudellisen tilan analysointi. (Hoque, 2003)

2.3 Kustannuslaskenta

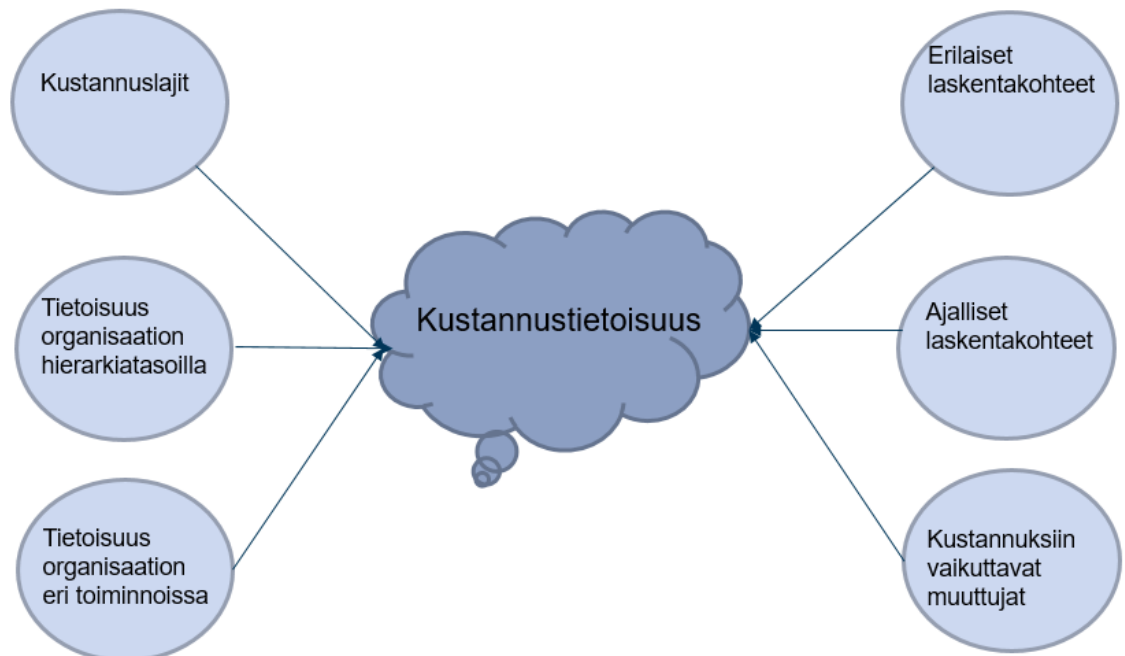
Yrityksen toiminnoista aiheutuvien kustannuksien laskemiseen panostetaan siksi, että tiedon uskotaan auttavan tekemään parempia liiketoimintaan liittyviä päätöksiä. Kustannuksella perinteisesti tarkoitetaan eri resurssien käyttöä, josta muodostuu kustannuksia. (Huhtala ja Pulkkinen, 2009) Kustannuslaskelmista seuraa parempaa tietoa kustannuksista ja yrityksen kannattavuudesta, joka johtaa hyvien tai huonojen päätösten tekemiseen yrityksessä. Kustannuksia voidaan johtaa, jos tunnetaan kustannuksien muodostumisen syy. Kuvassa 3 on esitettyä karkealla tasolla kustannuksien syy-seurausketjun muodostumista. (Suomala *et al.*, 2011)



Kuva 3. Karkea kuva syy-seurausketjusta. (Suomala *et al.*, 2011)

Yhtenä johdon laskentatoimen kustannuslaskennan perustehtävänä on tunnistaa toimintaan liittyvien oleelliset ja merkitykselliset tiedot. Tietoja kerätään ja jatkojalostetaan päätöksentekijälle päätöksenteon pohjaksi soveltuvaksi informaatioksi. Tieto, jota päätöksentekijälle tuotetaan, pitää olla oleellista, koska tiedon tulva on suuri ja oleellinen tieto voi jäädä huomaamatta. Olennaisten tietojen aktiivinen käyttäminen päivittäisessä toiminnassa johtaa yleensä yksittäisten päätöksentekotilanteiden sijasta laajempien kokonaisuuksien hallintaan. Johdon laskentatoimi edistää yksittäisen tai useamman toiminnon ymmärryksen syntyä. Ymmärryksen syntyä ei voida pitää viimeisenä askeleena. Viisaus päätöksentekotilanteessa tarkoittaa sitä, että koottua informaatiota osataan hyödyntää oikein, ja se johtaa hyviin päätöksiin. (Suomala *et al.*, 2011)

Kustannus käsitteenä tarkoittaa resurssien kulutusta rahamääreisesti esitettynä. Kustannustietoisuus on käsitteenä laaja, jonka alle voidaan liittää useita määritteitä. Yrityksen kustannusten synty eri toiminnoista on tärkeä tuntea, esimerkiksi kuljetuskustannukset, tuotteen valmistuskustannukset, tuntikustannukset ja jopa vuosikustannukset. Ilman tietämystä kustannuksien synnystä, kustannuksia ei voida kehittää määrätietoisesti. Kustannuslaskelmien eri katselmuskulmista tiedetään se, että jos ei tunneta kustannusten alkupaikkaa tai ajanjaksoa, kustannuksia on vaikea laskea. (Huhtala ja Pulkkinen, 2009) Kustannustietoisuus on laaja käsite. Kuvassa 4 on esitettyä joitain esimerkkejä kustannustietoisuuteen liittyvistä elementeistä. Yritys ja yrityksen toimintaympäristö ovat jatkuvassa muutoksessa. Yrityksen toiminnan ajan on huomattava, että yrityksen kustannustietoisuus -käsite on jatkuvaa kehittymistä yrityksen sisällä. (Suomala *et al.*, 2011)



Kuva 4. Kustannuslaskennan eri elementtejä. (Suomala *et al.*, 2011)

Kustannusten laskenta perustuu laskentatilanteen ymmärtämiseen eli mitä ollaan laske-
massa ja minkä takia. Tämän jälkeen pystytään ymmärtämään, mitkä ovat laskelman
oleellisia tietoja. Keskeinen asia kustannuslaskennassa on siis laskennan tarkoituksen
ymmärtäminen. Tämän takia laskentatilanne on määriteltävä tarkasti. (Suomala *et al.*,
2011)

Laskentatilanne määrittelee laskennanaikaisen toteutuksen sekä valinnat. Laskentati-
lanteen eri olosuhteet ja erilaiset erityispiirteet vaikuttavat laskentatilanteeseen. Seuraa-
vat tekijät vaikuttavat laskentatilanteeseen: (Suomala *et al.*, 2011)

Mitkä laskentakohteet ovat laskennan aikana kiinnostavia:

- Olennaisten tuottojen ja kustannusten huomiointi (Suomala *et al.*, 2011)
- Millä tavalla tuotot sekä kustannuksien, käypä arvo, hankintahinta sekä jälleen
hankintahinta arvioidaan (Suomala *et al.*, 2011)
- Millä tarkkuudella voidaan tuotot ja kustannukset kohdistaa laskentakohteelle
(Suomala *et al.*, 2011)

Kustannuslaskennan toteutuksen vuoksi on hyvin tärkeä ymmärtää, mikä on laskentati-
lanne. Laskentatilanne liittyy hyvin vahvasti päätöksentekotilanteeseen, jolloin laskelmaa
on käytetty hyväksi päätöksentekijän toimesta. Kuvassa 5 on esitettyinä ongelmat, joita
laskentatilanteessa voi esiintyä. (Suomala *et al.*, 2011)

	Kysymys	Ratkaisun avaimet
Laajuusongelma	Mitä tuottoja ja kustannuksia laskelmaan?	Päätöksentekotilanteen ymmärtäminen
Arvostusongelma	Mitä yksikköhintoja ja -kustannuksia käytetään?	Päätöksentekotilanteen ymmärtäminen
Mittausongelma	Miten ja millä tarkkuudella selvitetään tuottojen ja kustannusten määräkomponentti?	Tarkka ja luotettava dokumentointi
Jaksotusongelma	Miten tuotot ja kustannukset jaksotetaan eri laskentakausille?	Aiheuttamisperiaatteen kunnioittaminen
Kohdistamisongelma	Miten tuotot ja kustannukset kohdistetaan eri laskentakohteille?	Aiheuttamisperiaatteen kunnioittaminen

Kuva 5. Ongelmat laskentatilanteessa sekä ratkaisuja niihin. (Suomala *et al.*, 2011)

Kustannuslaskennassa lasketaan tietyn kohteen kustannuksia. Tätä kohdetta kutsutaan laskentakohteeksi. Laskentakohteena voi olla mikä toiminto vaan, josta halutaan selvittää kustannuksia tai kannattavuutta. Tyypillisiä laskentakohteita ovat seuraavat kohteet: (Suomala *et al.*, 2011)

- Yritys
- Tulosityksiköt
- Henkilöstö tai erilainen ryhmä
- Yksittäinen toiminto esimerkiksi laite tai kone
- Logistiikka
- Tuotteet taikka tuoteryhmä

Aiheuttamisperiaate kustannuslaskennassa on yhtä oleellista, kuin laskentakohde. Aiheuttamisperiaatteen käsitteellä tarkoitetaan sitä, mitä kustannuksia tai tuottoja toiminto oikeasti aiheuttaa. On hyvin tärkeää, että aiheuttamisperiaatetta noudetaan kustannuslaskennassa, koska muuten tutkittavan toiminnon kustannukset eivät tule mahdolliseen laskelmaan mukaan. Jos aiheuttamisperiaatetta ei olla noudatettu, voi esimerkiksi tapahtua niin, että toinen tuote tai palvelu voi saada osakseen sellaisia kustannuksia, jotka eivät aiheudu tuotteen tai palvelun valmistamisesta tai toiminnasta. Jos tuotteita verrattaisiin keskenään ja toinen tuote on joutunut kantamaan niitä kustannuksia, joita se ei aiheuttanut, voi tuote tai palvelu näyttää kannattamattomalta. (Suomala *et al.*, 2011) Esimerkiksi tuotteita verrattaisiin toiseen sillä perusteella, että jos toinen tuote on ottanut kantaakseen toisen tuotteen kustannuksia, voi käydä niin, että tuote lopetetaan tämän vuoksi. Tätä ilmiötä kutsutaan uhraukseksi. Uhraus käsite liittyy siihen, että reaali maailmassa on vain tietty määrä rahaa tai resursseja käytössä. Uhrauksen päätöksentekotilanteeseen vaikutti tässä kohtaa kustannus. Uhraus on tieteelliseltä käsitteeltään myös laajempi. Käsitteen tieteellinen tulkinta on seuraava, vain yksi tuote voi olla tarkoitustansa varten paras. (Huhtala ja Pulkkinen, 2009)

2.4 Johdon laskentatoimen rooli yrityksen päätöksenteossa

Päätöksenteko yleisesti viittaa henkiseen tai kognitiiviseen valintaan valita loogisesti paras vaihtoehto annetuista vaihtoehtoista. Toisin sanoen, päätöksenteko merkitsee arviointia mahdollisesti useista eri vaihtoehtoista. Päätöksentekijän yrittäessä tehdä hyvää päätöstä, henkilön on punnittava valittavien vaihtoehtojen negatiivisia ja positiivisia puolia sekä harkita kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja, jotka ovat tilanteessa mahdollisia. Tehokkaassa päätöksentekotilanteessa henkilön on pystyttävä ennustamaan ja hahmottamaan tulevaisuutta, jos päätös tehdään tietyn valinnan mukaisesti. Yleisesti jokainen päätöksentekoprosessi tuottaa lopullisen valinnan. Tuotos voi olla toimenpide tai mieli-pide valinnasta. Sanjeev Swamin mukaan ihmisen suorituspäätöksenteko on ollut aktiivisten tutkimusten kohteena. Asiaa on tutkittu niin psyykkisestä ja arvomaailman vaikutuksesta päätöksentekoon. (Swami, 2012) Tutkimuksen mukaan kontrolloidussa ympäristössä päätöksentekotilanteessa arvioidaan huonoja sekä hyvä puolia ennen päätöksentekoa. Dynaamisessa ja muuttuvassa ympäristössä päätöksiä tehdään tiedostamatta ihmisen mielessä. Varsinkin sellaisissa tilanteissa, jossa on luonteeltaan kiire, asia voi olla monitulkintainen tai kyseessä on suuret panokset. Ammattilaiset voivat näissä tilanteissa käyttää enemmän intuitiivista päätöksentekoa kuin strukturoitua päätöksentekomallia. (Swami, 2012)

Yrityksen sisällä tuotettavan taloudellisen tiedon pitää olla yrityksen päätöksentekijälle tukevaa informaatiota, josta pystyy osaltaan muodostamaan käsityksen siitä, miltä jokin toiminto tai tarkasteltava toiminto näyttää yrityksen sisällä. Taloudellisen tiedon käyttö ja sen merkitys yrityksessä päätöksentekijöille on merkittävä. Alalta on vähän tutkimuksia siitä, millaista tietoa yrityksen päätöksentekijät käyttävät. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

Yrityksen päätöksentekijät joutuvat tekemään päätöksiä, jotka ovat usein kompleksisia sekä vaikeita hahmottaa. Kompleksisuus voi johtua seuraavista syistä. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

- Tuotteiden lyhyt elinkaari
- Markkinoiden nopeat muutokset
- Teknologian kehitys

Yrityksen johtavat kaipaavat vielä parempaa tietoa yrityksen sisältä, jotka tukisivat johtajien työtä. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että johtajat kaipaavat ajankohtaisempaa tietoa yrityksen sisäisenlaskennan tuottamasta tiedosta, jotta he pystyisivät muodostamaan parempaa ymmärrystä markkinoiden ja yritysten tilanteesta. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

Oikeat tiedot voivat vähentää päätöksenteon epävarmuutta sekä toimenpiteiden kompleksisuutta. Oikean tiedon avulla pystytään paremmin arvioimaan valintojen eri mahdollisuuksia sekä nähdä, miten valinta voi vaikuttaa tulevaisuudessa. Tietojärjestelmien pitäisi auttaa tiedon saamisessa sekä keräämisessä ennen päätöksentekoprosessia, päätöksenteon aikana hyvällä tietojärjestelmällä voidaan simuloida eri vaihtojen tulosta ja päätöksenteon jälkeen voidaan kerätä tietoa kyselemällä suorittavalta henkilöstöltä, organisaatiolta ketä päätös koski ja tarkastelemalla päätöksen jälkeisiä taloudellisia lukuja. Paras tietojärjestelmä on sellainen, josta saa mahdollisimman reaaliaikaista tietoa. Reaaliaikainen tieto tuotannonjohtamisessa on päätöksentekijälle tärkeää, jotta voidaan nähdä suuntaa siitä, mihin yritys on menossa. (Socea, 2012)

Taloudellinen tieto ei ole aina välttämättä hyödyllistä jokaiseen päätöksentekotilanteeseen, koska taloudellisella tiedolla on erityiset etunsa ja haittapuolensa. Johdon päätöksillä tuotannossa on usein vaikutuksia eri tuotannon osilla yrityksessä. Ennen päätöksentekoa on arvioitava, miten valinnat vaikuttavat yrityksessä oleviin jo tiettyihin rajoituksiin. Rajoitukset voivat olla yrityksessä: (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

- Kuinka paljon yritys pystyy valmistamaan tuotetta
- Läpimenoajat tuotteille
- Prosessin stabiilius
- Varastojen taso

Päätöksentekijä joutuu siis mahdollisesti tekemään valintoja rajoitusten osalta. Esimerkiksi jos halutaan valita, että valmistetaan tuotetta enemmän, tarkoittaa tämä mahdollisesti varastojen kasvua yrityksen sisällä. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

Valinnan jälkeen pystytään muodostamaan tilanteesta taloudellinen tieto yrityksen päättäjälle. Taloudellisen tiedon avulla pystytään tarkastelemaan päätöksen vaikutukset ta-

loudellisesta näkökulmasta. Taloudellinen tieto muodostaa yrityksen sisällä yhteisen näkemyksen ja kielen, jonka avulla pystytään organisaatiossa kommunikoimaan, kun nähdään asiat konkreettisesti yrityksen kannalta. Taloudellisen tiedon muodostamisen jälkeen pystytään arvioimaan, oliko päätös kannattava vai pitäisikö päätöstä tarkastella uudelleen. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

Taloudellisella tiedolla pyritään auttamaan johtajia ja päätöksentekijöitä ymmärtämään heidän tehtävänsä mahdollisimman selkeästi ja pyrkiä vähentämään epävarmuutta päätöksentekotilanteissa. Epävarmuus päätöksentekotilanteissa johtuu yleensä tiedonpuutteesta, jonka tietoa tarvitaan juuri päätettävän asian osalta. Päätöksentekotilanteen tiedonpuutteen vuoksi päätöksentekijät eivät pysty arvioimaan tarkasti päätöksen vaikutuksia yrityksessä. Tiedonpuutteen vuoksi voi olla enemmän on epävarmuutta, oliko päätös kannattava vai ei. Tutkimuksen Wouters & Veerdasdonk mukaan ei ole tarkkaa tietoa, missä tilanteissa päätöksentekijät pitävät taloudellista tietoa erityisen hyödyllisenä apuna ratkaista epävarmuutta pois päätöksentekotilanteesta. Monet päätökset voidaan tehdä intuitiivisesti kokemukseen perustuen. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

Johtajat käyttävät myös muita tietoja päätöksentekotilanteissa. Muut tiedot ovat esimerkiksi alan asiantuntijoiden näkemyksiä, muiden lähteiden tietoa yrityksen markkinoista, epävirallisia raportteja sekä myös omia havaintojaan markkinoista tai yrityksen tilanteesta. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

Taloudellista tietoa voidaan käyttää yrityksen sisällä sisäiseen oppimiseen. Taloudellisen tiedon avulla voidaan arvioida, miten eri tavoitteet voidaan saavuttaa, kun luvut ovat esitettyinä taloudellisesta näkökulmasta. Taloudellisen näkökulman tavoitteita voidaan tarkastella jokaisen osa-alueen osalta, johon päätös vaikuttaa. Tällä tavalla pystytään tuottamaan päätöksentekijälle informaatiota, jonka avulla päätöksentekijä pystyy arvioimaan, mikä on mahdollisesti paras vaihtoehto kokonaisuuden kannalta. (Wouters & Veerdasdonk, 2002)

Taloudellisen kirjanpidon vahvuutena on tarkastella eri toimintoja ja kohteita erikseen. Tämä mahdollistaa myös päätöksentekijälle mahdollisuuden tehdä valintoja, jotka voivat vaikuttaa toisiinsa. Tämä luo ymmärrystä eri toimintojen välisille suhteille ja miten eri toimintojen mahdolliset kustannukset muuttuvat, kun päätöstä arvioidaan. Heikkouksia taloudelliselle kirjanpidolle on se tilanne, että kaikkia reaali maailman ilmiöitä ei voida ottaa laskelmissa huomioon, koska kaikkia mahdollisia ongelmia ja tilanteita ei voida kääntää varmuudella numeraaliseen muotoon mahdollisiksi kustannuksiksi. Epävarmuuksien muutos numeraaliseen muotoon on haastavaa, koska lasketut epävarmuudet taloudellisiin tarkasteluihin on otettu vain muodollisesti huomioon. (Hall, 2010)

2.5 Yrityksen varastojen hallinta

Yleisesti valmistavan teollisuuden yritykset ovat muodostettu yleensä ketjuksi lähelle toisiaan. Yleisesti syy on se, että yritykset ovat pyrkineet päästä lähelle raaka-ainelähteitään tai niitä yrityksiä, jolle yritys tuottaa mahdollisesti raaka-ainetta. Yleisesti yksinkertaisin tuotantoketju on muodostettu siten, että yrityksellä on valmistava tehdas ja jakelu samalla alueella, jossa se toimii.

Yrityksissä varastot voivat olla kompleksisia, esimerkiksi tuotteen valmistukseen tarvitaan useita raaka-aineita tai osia tai tuotannon aikana joudutaan tekemään varastointia ennen kuin tuote on valmis toimitettavaksi asiakkaalle. Tehokas ja taloudellinen tapa johtaa varastojaan on aktiivinen tieto, mitä yritykselle varastossa on. Yrityksellä voi olla varastossa valmiita tuotteita, raaka-aineita tai joka tuotantoon tarvittavia varaosia, josta muodostuu osaltaan yritykselle kustannuksia. (Lee & Billington, 1992)

Koordinoimattomuus tai tietämättömyys varastojen määrästä voi johtaa tilanteeseen, että on juuri sen verran raaka-ainetta varastossa tai vähemmän kuin tarvittaisiin. On tärkeä ymmärtää ja pystyä myös johtamaan omia varastojaan. (Hill & Hill., 2009)

Varastoihin sitoutuu yleensä yrityksissä pääomaa, tämän vuoksi asia on erittäin tärkeä, jokaiselle johtajalle eri alojen yrityksissä. Tehokas varastonhallinta on erittäin tärkeä osa ymmärtää koko yrityksen arvoketjun osia. Varsinkin pienillä tuotoilla toimiville yrityksille varastojen hallinta ja siihen sitoutunut pääomakustannus voi heikentää yrityksen tulosta huomattavasti. Varastojen hallinnassa ja ideologiassa ei ole tärkeintä se, että tuotteita on paljon varastossa tyydyttämässä heti korkeaa kysyntää, vaan se, että tuotteita on sopiva määrä varastossa. Sopivalla määrällä tarkoitetaan sitä, että pystytään täyttämään kilpailukyvyyn edellytykset markkinoilla verrattuna muihin alalla toimiviin yrityksiin. Varastojen hallinta ja siihen sitoutuneen pääoman tarkastelu on yrityksen seuraaville toimintoille tärkeää ja kiinnostavaa. (Hill & Hill., 2009)

- Kirjanpitäjät
- Talousosasto
- Johdon tietojärjestelmät
- Markkinointi ja myynti
- Tuotannon vastuuhenkilöt

Varastoja alkaa kertyä yritykseen esimerkiksi sen jälkeen, kun yritys on esimerkiksi maksanut raaka-aineesta ja raaka-aine on siirtynyt yrityksen omistukseen. (Hill & Hill., 2009)

Varastopääällikön tai varastosta vastaavan työhön kuuluu pitää varaston taso mahdollisimman hyvällä tasolla niin, että varastossa ei ole liikaa tai liian vähän materiaalia. Varastoon sitoutuneen materiaalin kulu syntyy yritykselle siitä, että varastossa olevaa tuotetta ei valmisteta asiakkaalle tuotteeksi tai siirretä prosessissa eteenpäin. Muita kuluja, joita varastossa pito voi aiheuttaa, ovat: (Hill & Hill., 2009)

- Verot
- Raaka-aineen tai tuotteen meno käyttökeltvottamaksi
- Varaston vuokrat
- Varaston käsittelykulut
- Vakuutukset

Kun edellä mainitut asiat muuttuvat, joko positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan varaston sitoutuneen pääoman kustannus muuttuu samalla. Yleisesti yritykset arvostavat varastoidun tuotteen kuluja esimerkiksi prosentuaalisesti siten, että kulu kuukaudessa on tietty valmiin tuotteen oletetusta hinnasta. Yleensä prosentuaalinen kulu varastossa olevasta ei valmiista tuotteesta on yrityksillä 20%-40%. (Slack *et al.*, 2013)

Yleisesti yrityksissä, tutkimuksen mukaan varastojen hallinnassa esiintyy seuraavia ongelmia, jotka voivat aiheuttaa yritykselle ongelmia ja kustannuksia. (Lee & Billington, 1992)

- Toimitusketjun toimintaa ei mitata
- Varastojenhallinnan ohjeet yrityksen sisällä
- Varastojen huono koordinointi
- Varastojen kustannusten virheellinen arviointi

Varaston ja yleisesti yrityksen toimitusketjua pitää valvoa ja mitata. Mittareita voi olla kuljetusaika, kuljetusmäärät ja suunnitellun kuljetusten suunniteltu toteuma. Toimitusketjun hallintaan kannattaa panostaa. Toimitusketjun oleellisten asioiden mittaaminen parantaa yrityksen tietoisuutta ja luo mahdollisuuden kehittää toimitusketjuaan. On suositeltavaa, että yritys liittäisi toimitusketjun mittariston esimerkiksi tuotannon yleisiin seurattaviin mittareihin. Toimitusketjun hyvä toiminta takaa asiakastyytyväisyyttä niin yrityksen sisäisille asiakkaille kuin ulkoisille asiakkaille. (Lee & Billington, 1992)

Varastohallinnanohjeet yrityksen sisällä on laaja käsite. Yrityksen sisällä on tärkeää ymmärtää, mistä eri lähteistä voidaan tarkastella, mitä materiaalia yrityksen sisällä liikkuu tai on yrityksessä varastoitu. On erittäin tärkeää, että yrityksen sisälle on rakennettu varastohallinnan ohjeet, jolla jokainen tietää ja ymmärtää mitä asioita tarkastellaan, millä mittayksiköille ja mistä tiedot löytävät. Varastojen hallinnassa on myös ymmärrettävä, että kuinka kauan kuluu aikaa, jos esimerkiksi tilataan toimittajilta tuotetta. Tämä helpottaa varastojenhallintaa ja sen ajanmukaisuuden seurantaa. (Lee & Billington, 1992)

Varaston huonolla koordinoinnilla tarkoitetaan sitä, kun materiaalien paikkaa tai toimitusketjun kestoa ei tunneta. Yrityksessä siirto voi tarkoittaa tuotetta mahdollisesti asiakkaalle tai yrityksen sisällä sisäisille asiakkaille. Suurimmissa yrityksissä on mahdollisuus kasata tuotteet isoihin lähetyskeskuksiin, jos tuotteita lähtee paljon samaan aikaan asiakkaalle. Yrityksen sisällä on tärkeä ymmärtää, kuinka kauan aikaa kuluu toimittaa tuotetta eteenpäin toimitusketjussaan. Yrityksen on ymmärrettävä, kun he sopivat asiakkaan kanssa tilauksen toimituspäivän, pystyvätkö he toimittamaan varastosta tuotteen sovittuun päivään mennessä. Huonolla koordinoinnilla on myös toinenkin kustannus, joka aiheutuu siitä, että toimitusta aletaan nopeuttaa asiakkaalle. Yleensä toimituksen nopeutus sitoo resursseja sekä siirtää mahdollisesti, jonkun toisen tuotteen lähtöä. (Lee & Billington, 1992)

Varaston kustannusten virheellinen arviointi vaikuttaa suuresti siihen, mitä varastojen pito yritykselle maksaa. Jos varastojen kustannusta ei osata arvioida yrityksessä oikein, voi se aiheuttaa ongelmia yrityksen taloudessa. Tärkeää on, että yrityksen sisällä tunnetaan varastojen arvo, jotta varastojen sekä tuotannon toimintaa voidaan kehittää kustannustehokkaasti. (Lee & Billington, 1992)

2.6 Kirjallisuustarkastelun yhteenveto

Kirjallisuustarkastelussa tarkasteltiin tuotannollisen toiminnan teoriaa. Teoriaosuudessa viitattiin Maravelias & Sungin tutkimukseen, jossa käsiteltiin tuotannonsuunnittelua, tuotannon aikatauluja sekä logistiikan aiheuttamia ongelmia. Tässä tutkimuksessa on tarkoitus tarkastella tutkittavan tuotantolaitoksen toimintoja osaltaan myös tästä näkökulmasta. Tutkimuksessa on tuotu tulokset -osuudessa, kuinka paljon määrällisesti eri logistiikkavaiheet kestävät tutkittavissa toiminnoissa. Tuotantolaitoksen kustannustehokkuuteen ja määrätietoiseen toimintaan kuuluu hyvä tuotantosuunnitelma, joka linkittää operaatioita yhteen. (Maravelias & Sung, 2008) Yritykselle on tärkeää tietää, mitä kustannuksia yrityksen sisäiset toiminnot tai yksiköt muodostavat. Ilman reaaliaikaista tietoa tai hyvää kustannusten seurantaa yrityksen on vaikea kehittää kustannustehokkuuttaan tai toimintaansa, jos kustannuksia ei saada jaoteltua luotettavasti. (Socea, 2012) Tässä diplomityössä tutkitaan Boliden Harjavallan uuden tuotantolaitoksen toimintojen kustannuksia, jotka yhdistetään tutkimuksen edetessä pääomakustannuksien kanssa.

Varastojen hallinta yrityksessä on tärkeää, koska varastot sitovat pääomaa yrityksessä. Varasto voi olla raaka-ainevarasto tai mahdollinen lopputuotevarasto. Varastojen hallinnassa on tärkeä tietää, kuinka paljon yrityksellä on varastossa pääomaa sitovia tuotteita. Tiedon avulla yritys pystyy hallitsemaan kustannuksiaan varaston osalta. (Lee & Billington, 1992) Tässä työssä yhtenä tutkittavana kustannustekijänä on raaka-ainevarasto. Työssä tutkitaan, miten paljon raaka-ainevarasto aiheuttaa pääomakustannuksia yritykselle.

Reaaliaikaisella tiedolla ja luotettavalla kustannustiedolla voi päätöksentekijä tehdä valintoja eri vaihtoehtoista yrityksessä. (Wouters & Veerdasdonk, 2002) Valinnat voivat liittyä jonkun toiminnon muuttamiseen tai esimerkiksi yksikön toimintaan. Päätöksentekotilanteessa on tärkeää tieto, jolla päätös tehdään. Tiedon pitää olla oikeaa ja virheetöntä. (Socea, 2012) Tässä tutkimuksessa lopputulokset antavat päätöksentekijällä mahdollisuuden nähdä etukäteen, miten kustannukset muodostuvat teoreettisesti ennen kuin tuotantolaitosta on käytetty. Tutkimuksen lopussa annetaan suositukset tilaajayritykselle, miten tuotantolaitosta kannattaa käyttää mahdollisimman kustannustehokkaasti. Työn tulokset antavat mahdollisuuden tehdä valintoja, miten tuotantolaitosta halutaan käyttää.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä kappaleessa kuvataan, millä tavalla ja miltä sidosryhmiltä hankittiin lähtötietoja laskelmille. Lähtötietojen kartoittamiseen käytettiin laitetoimittajilta ja alihankkijoilta saatuja kustannustietoja. Osa lähtötiedoista, jotka on otettu laskelmissa huomioon, on testattu käytännössä. Esimerkiksi tuotantolaitoksen raaka-aineiden rikotukset kuljetettavaan muotoon sekä niiden punnitusajat autovaa'alla on tutkittu käytännössä ja selvitetty, kuinka kauan suoritukseen menee aikaa.

3.1 Lähtötiedot työlle

Tarkisteltavan tehtaan tuotantokapasiteetti oli määriteltynä jo aiemmin, kun diplomityötä alettiin tehdä. Tarve tehtaalla lähti tarpeesta prosessimuutokselle. Tuotantolaitoksen laitevalinnat olivat tehtynä markkinoilta saatavilla olevilla laitteilla, jotka olivat kapasiteetiltaan mahdollisimman pienet. Osittaisesti tuotantolaitoksen laitevalinnoissa on ylikapasiteettia, johtuen siitä, että markkinoille ei ollut saatavissa tehdaskäyttöön sopivia laitteita tarpeeksi pienellä kapasiteetilla.

Diplomityön aikana tehtaan kapasiteettiin ei voinut enää vaikuttaa. Työn tarkoituksena on tehdä tutkimus siitä, kuinka paljon raaka-ainetta on taloudellisinta pitää varastossa ja käsitellä tuotantolaitoksella niin, että pääoman sitoutuneet kustannukset sekä tehtaan käyttökustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset käsiteltyä yhtä tonnia kohden.

Työn tarkoituksena on antaa myös Boliden Harjavallalle työkalu, jolla pystyy tarkastelemaan, milloin olisi mahdollisimman kannattavinta aloittaa tuotanto ja käsitellä varastossa oleva raaka-aine kustannustehokkaasti. Työkalussa käy ilmi, kuinka paljon tulee kustannuksia tuotantolaitoksen käydessä tarkastettavilla muuttujilla. Työkalulla pystyy myös suunnittelemaan tuotannon aloitusta. Työkalun on määrä näyttää, kuinka kauan kestää tuotantolaitoksen käsitellä materiaalia valmiiksi tuotteeksi. Työkalulla on suuri merkitys tuotannonsuunnitteluun sekä tuotannonohjaukseen Boliden Harjavallan päivittäisessä toiminnassa.

Tutkimustyölle piti selvittää tarkasti lähtötietoja, jotka vaikuttavat oleellisesti laskelmien tarkasteluun ja analysointiin. Laskelman lähtötiedoiksi rajattiin tutkimussuunnitelman alkuvaiheessa seuraavat tekijät: logistiikkakustannukset, oman työvoiman hinta, sitoutuneen pääoman kustannus raaka-aineeseen, energiakulutus tuotantolaitteissa, tuotantohyödykkeidenkulutusmäärä sekä tuotantolaitoksen ylös ja alasajokustannukset, jotka muodostuvat prosessin operaattoreiden työstä. Työssä tutkitaan suoria kustannuksia, jotka kohdistuvat valittujen toimintojen tarkastelusta. Työssä ei oteta kantaa välillisiin kustannuksiin, joita syntyy yleisesti Boliden Harjavallassa. Esimerkiksi hallinnon tai muun tukitoiminnon kustannuksia ei ole otettu huomioon työn laskelmissa

3.2 Miten asioita on tarkasteltu

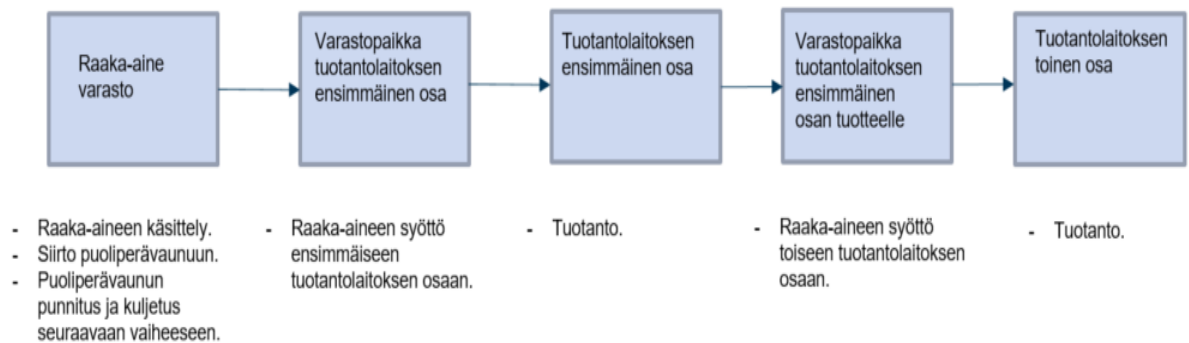
Tässä kappaleessa käydään läpi, miten ja millä tavalla lähtötietoja on kerätty tutkimukseen. Tutkimus on ollut monivaiheinen. Tutkimukseen on sisällynyt käytännönkokeita sekä haastatteluja ja tietojen keräämistä eri sidosryhmiltä, joita Boliden Harjavallan alueella toimii tai ovat suoraan palvelu- tai toimittajasuhteessa Boliden Harjaltaan. Työn laskelmien tarkastuksessa on käytetty Boliden Harjavallan asiantuntijoita apuna. Kuva 6 on esitetty, keiltä henkilöiltä on saatu tietoja ja apua työn tietojen kasaamisessa.

Haastatellut henkilöt työssä	Haastattelun tarkoitus
Projektipäällikkö Boliden	Tuotantolaitoksen ylös- ja alasajon kysely.
Tutkimus ja kehitysinsinööri Boliden	Jauhinkappaleiden kulumisen ja kustannusten selvitys sekä tuotantolaitoksen ylös- ja alasajon kysely.
Business controller Boliden	Boliden Harjavallan taloudelliset asiat mm. Pääomakustannusten laskenta tietojen saanti.
Työnjohtaja alihankkija	Kokeelliset kuljetuskokeet sisäisessä logistiikassa.
Yksikön päällikkö Alihankkija	Kustannustiedot sisäisestä logistiikasta.

Kuva 6. Haastatellut henkilöt työssä listattuna.

3.2.1 Logistiikka lähtötietojen kerääminen

Lähtötietojen hankintaan käytettiin logistiikkapalveluita toimittavan yrityksen avainhenkilöitä, jotka toimivat Boliden Harjavallan alueella. Logistiikka-alihankkijalla on jo usean vuoden kokemus Boliden Harjavallan erilaisten materiaalien käsittelystä. Tutkimustyön alussa pohdittiin tarkasti, mitä lähtötietoja tutkimus tarvitsee, että tulevat laskelmat olisivat tarkkoja. Pohdinnoissa meni aikaa, mutta ajatusten keräämiseksi yhteen tein virtauskaavion, jossa pohdin, mitä kustannuksia logistiikan alihankkijalta tulisi, kun materiaalia valmistetaan tai kuljetetaan kohti tuotantolaitosta. Virtauskaavion avulla, joka on esitetty kuvassa 7, pystyi luomaan näkemyksen, mitä eri vaiheissa tapahtuu, kun materiaalia käsitellään ja liikutellaan.



Kuva 7. *Raaka-ainekuljetusten virtauskaavio.*

3.2.2 Logistiikkakustannusten ja -aikojen tietojenkeruutyö

Tutkimuksen logistiikkakustannusten selvittämiseksi pohdin suunnitelmaa. Otin yhteyttä logistiikan alihankkijaan ja aloimme selvittää, kuinka paljon eri toimintoihin kuluisi aikaa. Osa toimintojen tietojenkeruutyöstä suoritettiin käytännönkokeilla. Näin varmistettiin yhteinen ymmärrys ja tietojen tarkkuus eri toimintojen kestosta.

Tutkimussuunnitelmaa tehdessäni huomasin, että kuljetettavien tonnimäärien tarkasteluun tarvitaan myös kuljetettavan aineen tiheys. Tiheyden kuljetettavalle aineelle sain Geologisen tutkimuskeskuksen pilot -kokeesta, jonka he tekivät Boliden Harjavallalle. Lisäksi selvitettäväksi tuli, mitkä ovat eri kuljetuslaitteistojen kauhojen tilavuudet. Ilman näitä tietoja ei pystyisi laskemaan, kuinka paljon teoreettisesti pystytään siirtämään tonneissa raaka-ainetta eteenpäin esimerkiksi kauhakuormaajalla. Selvitystyöstä laadittu suunnitelma on esitettynä kuvassa 8.

Selvitettävät toiminnot	Vastaus
Raaka-aineen tiheys?	
Kauhakuormaajan kauhan tilavuus?	
Raaka-aineen käsittely aika raaka-ainevarastolla?	
Puoliperävaunun maksimi kuorma?	
Puoliperävaunun täyttö kaivinkoneella?	
Puoliperävaunun kuljetusaika autovaa'an kautta ensimmäiselle varastopaikalle?	
Kauhakuormaajan kuljetuksen aika ensimmäiseen tuotantolaitoksen osaan?	
Kauhakuormaajan kuljetuksen aika toiseen tuotantolaitoksen osaan?	

Kuva 8. Suunnitelma logistiikan tietojenkeräykselle.

Kuljetus ja raaka-aineen käsittelyä varten tietojen keräämistä on suoritettu käytännönkokeilla. Käytännönkokeet suoritettiin helmikuussa 2019. Ensimmäinen koe oli, kuinka kauan kestää pienentää materiaalia varastopaikalla niin, että materiaali on tarpeeksi pientä kuljettavaksi. Koe tehtiin päivävuoron aikana yhtämittaisesti. Raaka-ainetta piikattiin kaivinkoneella kuljetettavaan muotoon käytännönkokeessa yhteensä 176,7 tonnia. Kokeen suorittamiseen kului aikaa yhteensä 7 tuntia ja 30 minuuttia, jolloin laskelmallisesti yhdessä tunnissa valmistettiin kuljetettavaa materiaalia yhteensä 23,6 tonnia.

Seuraavana tutkimustyönä oli selvittää, kuinka kauan menee aikaa lastata puoliperävaunu kaivinkoneella täyteen. Maksimikapasiteetti oli puoliperävaunulle 30 tonnia. Käytännönkokeella saatiin selville, että noin 30 tonnin lastaamiseen kului aikaa 15 minuuttia.

Tutkimussuunnitelman edetessä oli viimeinen materiaalinkäsittelyn käytännönkoe, jolla tarkasteltiin, kuinka kauan aikaa kuluu raaka-ainevarastolta kuljettaa raaka-aine punnitusaseman kautta tuotantolaitoksen varastoon. Koe tehtiin kuusi kertaa. Tuloksena oli vaihtelua ajoissa, mutta keskiarvallisesti aikaa kuormaa kohden meni 43 minuuttia. Kuvasessa 9 on esitetty ajat, jotka kuluivat raaka-aineen punnitsemiseen ja tuotantolaitokselle kuljetukseen.

KUORMA	TULOPAINO	TULOAIKA	NETTOPAINO	LÄHTÖPAINO	LÄHTÖAIKA	KESTO H
1	43400	08:15	28560	14840	09:00	00:45
2	49180	09:10	34260	14920	10:10	01:00
3	42720	10:15	27880	14840	10:50	00:35
4	43820	11:00	28980	14840	11:50	00:50
5	44860	12:00	29920	14940	12:30	00:30
6	42020	13:00	27160	14860	13:40	00:40
			176760		AIKA YHTEENSÄ	04:20
				KESTON KESKIARVO KUORMAA KOHDEN		00:43

Kuva 9. Kuljetuskokeen tulokset.

Logistiikan tutkimusten viimeisenä osiona oli selvittää, kuinka paljon kuluu aikaa, kun materiaalia aletaan syöttää tuotantolaitokseen kahdesta eri vaiheesta. Tutkimustyö tähän oli haastava, koska syöttöramppeja ei oltu vielä rakennettu. Asiaa pohdiskeltaessa, tapahtui oivallus. Boliden Harjavallalla on lähes samanlainen kuljetusramppi kauhakuormaajalle, jota voitiin käyttää vertailukohteena. Kauhan täyttöön raaka-ainekasalta sekä raaka-aineen kuljettamiseen että kippaukseen meni yhteensä aikaa 5 minuuttia. Tällä vertailevalla ratkaisulla pystyttiin löytämään mahdollisimman luotettava aika kahden viimeisen vaiheen suorittamiseen.

Käytännönkokeet, jotka tehtiin uuden tuotantolaitoksen raaka-aineelle, kasvatti ymmärrystä ajoista, jotka kuluvat toimintokohtaisesti, kun raaka-ainetta rikotetaan ja kuljetetaan tuotantolaitokselle. Käytännönkokeessa oli myös toinen hyöty. Sisäisen logistiikan alihankkija sai myös arvokasta tietoa, kuinka kauan heillä menee, kun he käsittelevät ja kuljettavat raaka-ainetta. Tulevaisuudessa tämä avaa heille myös mahdollisuuden kehittää toimintaansa tehokkaammaksi. Jatkuva parantaminen tuotantoketjussa on tärkeää, jotta tuotantovaiheita saadaan kehitettyä tehokkaammaksi. Alihankkija voi tiedon perusteella kehittää toimintojansa tulevaisuudessa vielä kustannustehokkaammaksi nyt, kun käytännönkokeet ovat tehtynä ensimmäistä kertaa. Raaka-ainetta syntyy käsiteltäväksi yhden kalenterivuoden aikana laskelmallisesti 10000 tonnia. Mahdollisimman tarkkojen aikojen saanti oli tärkeää työn laskentaosan kannalta. Kuljetus ja raaka-aineen käsittely ovat yksistään uuden tuotantolaitoksen yksi suurimmista kustannuksista.

3.2.3 Tuotantohyödykkeet

Yhtenä oleellisena osana laskelmia varten oli selvittää, kuinka paljon tuotantolaitteet kuluttavat energiaa prosessin käydessä. Tuotantolaitteiden energiankulutustiedot sain tuotantolaitoksen sähkösuunnittelijalta. Sähkösuunnittelija oli saanut energiankulutuksen tiedot tuotantolaitoksen päälaitetoimittajalta, joka oli suunnitellut prosessissa käytettävät laitteet Boliden Harjavallalle.

Saadun listauksen mukaan lähdin laskemaan energiakulutuksen kustannuksia, kun tuotantolaitos on päällä. Kuvassa 10 on esitettyä esimerkkinä, mitä tietoja sain laskelmia varten.

Name 1		Name 2		Name 3		M-position	Power	Current	Voltage	rpm
MANI SELKEYTTIMEN PUMPPU 1						M49054	7,5	0,00	400	2969
MANI SELKEYTTIMEN PUMPPU 2						M49055		0,00	400	2969
MANI PROSESSIVESIPUMPPU 1						M49056	5,5	0,00	400	1909
MANI PROSESSIVESIPUMPPU 2						M49057		0,00	400	1909
MANI TIIVISTEVESIPUMPPU 1						M49060	7,5	15,60	400	1500

Kuva 10. Esimerkki energialaskennan taulukosta.

Energiankulutuksen tuottamaan kustannukseen on laskettu kaikki prosessilaitteet mukaan, jotka ovat päällä silloin, kun tuotantolaitos käy.

Tuotantolaitoksen energiankulutuksen hintatiedot saatiin laskelmaa varten yrityksen sähkö- ja automaatiokunnossapitopäälliköltä. Energiankustannuksen hintatieto annettiin muodossa megawattitunti euroa kohden. Tuotantolaitteiden teholumemat olivat annettuna yksikkönä kilowatteja, joten laskelmia varten joutui muuttamaan 1 megawattitunnin kilowateiksi. Kilowattitunnit megawateiksi saadaan jakamalla 1 megawatin tuntihinta euroissa 1000.

Energiankustannusten laskelmiin otettiin kaikki tuotantolaitteet, jotka liittyvät suoraan tuotantolaitoksen prosessin käytössä oleviin tuotannonlaitteisiin. Esimerkiksi varapumput, joita on yhteensä yhdeksän kappaletta, jätettiin pois energiankulutuksen laskelmasta. Syy, miksi varapumput jäivät pois laskelmista, on seuraava:. Yksi pumppu on kerrallaan käytössä, ja jos käytössä oleva pumppu menee rikki, otetaan varapumppu käyttöön ja pysäytetään rikkoutunut. Tällöin varalaitteet eivät vaikuta energiankulutuksen laskelmiin prosessin käydessä.

Energiankulutuksen laskelmista rajattiin pois seuraavia kohteita: valaistuksen energiankulutus tuotantolaitoksessa, lattialämmityksen energiankulutus. Rajausta tehtiin seuraavasta syystä: Valaistusta pidetään tuotantolaitoksella päällä koko ajan tuotannon turvallisuuksien vuoksi sekä tuotantolaitoksen lattialämmitystä pidetään päällä syys- ja talviaikaan, ettei tuotantolaitteistot ja niihin liittyvät prosessiputkistot jäätyisivät tai rikkoutuisivat.

Tuotantohyödykkeiden kulutus, kuten tarvittavat materiaalit raaka-aineen jauhattamiseen on otettu laskelmissa huomioon. Päälaitteet, jotka kuluttavat jauhinkappaleita prosessin käydessä, on otettu laskelmissa huomioon. Jauhinkappaleet kuluvat raaka-aineen käsittelystä prosessin käydessä. Jauhinkappaleiden kulutuksen määrä käsiteltäessä raaka-ainetonnin kohden on saatu Bolidenin Harjavallan tutkimus ja kehitysinsinööritä, joka vastaa prosessin kehityksestä projektin aikana. Boliden Harjavallan tutkimus ja kehitysinsinööri on saanut tiedot päälaitetoimittajalta, joka tehnyt laboratoriokokeet käsiteltävälle raaka-aineelle ja kokeiden jälkeen pystynyt laskemaan mikä on arvioitu jauhinkappaleiden kulutus käsiteltäessä kilowattituntia kohden tuotantolaitteissa.

Jauhinkappaleiden tonnihinta on kyselty budjettitarjouksena toimittajayritykseltä Boliden Harjavallan ostajan toimesta. Jauhinkappaleiden kustannus tuotantolaitoksen kuluissa on huomattava. Paineilmaa tai instrumentti-ilmaa eivät päälaitteet käytä, joten tämä on jätetty pois laskelmista. Tuotantolaitoksen sisään tulevaa veden määrää ei lisätä tuotannon käynnin aikana, koska tuotantolaitokseen on rakennettu oma prosessivesipiiri, joka ei hukkaa tuotannon aikana vettä. Vesi vaihdetaan suunnitelluin väliajoin tuotantolaitoksessa ja vedenmäärä ei ole merkittävä, joka vaikuttaisi taloudellisiin laskelmiin, kun arvioidaan tuotantolaitoksen käyttöä.

3.2.4 Henkilöstökustannukset

Boliden Harjavallan henkilöstökustannukset olivat määrittelyvaiheessa yhtenä kysymyksenä, miten kustannukset jaetaan uuden sekä vanhan tuotantolaitoksen välillä. Operaattorit, jotka ohjaavat uutta tuotantolaitosta ovat jo olemassa olevia työntekijöitä. Uuden tuotantolaitoksen käynnistyessä henkilöstömäärä ei tule lisääntymään yksikössä. Ongelmana oli määrittää, kuinka operaattorit tekevät työtä juuri uudelle tuotantolaitokselle. Prosessien käydessä yksikössä ei tehdä erillistä tuntikirjausta, mihin toimintoon operaattorin työaika kuluu yhden työvuoron aikana. Tämä toi haasteen määrittää, miten kustannukset jaetaan. Työn rajauksen yhteydessä Bolidenin diplomityön valvojan kanssa päätettiin, että henkilöstökustannukset otetaan mukaan vain uuden tuotantolaitoksen ylös- ja alasajo tilanteessa, koska luotettavaa tuntijakaumaa ei pystynyt laskemaan.

Tuotantolaitoksen ylös- ja alasajon kustannuksista lähetettiin kysely Boliden Harjavalta Oy:n kahdelle projektitiimin jäsenelle. Ongelmana oli määrittää kustannus, joka muodostuu näistä toiminnoista. Ongelma ylös- ja alasajokustannuksen arvioimisessa oli se, että tämän tyyppistä tuotantolaitosta ei ole rakennettu ennen ja kokemuksia tästä ei ollut. Kyselyn vastauksen perusteella on laskettu keskiarvo, mitä kuluisi aikaa tunneissa ylös- ja alasajolle prosessioperaattorin kohdalla. Prosessimiehen työn tuntihinta saatiin laskelmiin Boliden Harjavallan talousosastolta.

3.2.5 Sitoutunut pääoma varastoon

Yhtenä tärkeimpänä laskentakohteena oli määrittää raaka-aineen pääomankustannus varastossa ennen käsittelyä. Sitoutuneen pääoman kustannukset muodostuvat lähinnä metallipitoisen raaka-aineen hyödyntämättömästä käytöstä. Raaka-aineen pääomakustannukset ovat metalliteollisuudessa suuret johtuen suurista varastoista sekä raaka-aineen hinnasta. Tutkimussuunnitelmassa on kysytty Boliden Harjavallan diplomityön valvojalta, minkä metallien mukaan pääoman arvoa pyritään selvittämään. Pääoman arvon laskemiseen tarvitaan useita eri tietoja, jotka ovat mahdollisesti muuttuvia. Diplomityön valvojan kanssa käytyjen keskustelujen perusteella rajattiin arvot, joita käytetään pääoman laskemiseen. Kuvassa 11 on esiteltynä suunnitelma, jonka avulla lähdin selvittämään, mitä oleellisia arvoja tarvitaan, että pääomankustannuksia voidaan laskea tonnimääräisesti viikkotasolla.

Kuparin tonnihinta: €
 Kuparin pitoisuus: %
 Nikkelin tonnihinta: €
 Nikkelin pitoisuus: %
 Laskentakorko: %
 Raaka-aineen määrä varastossa: t
 Yksi viikko: 7 päivää
 Yksi vuosi: 365 päivää
 Kumulatiivinen kertymä raaka-aineelle?

Kuva 11. Suunnitelma sitoutuneen pääomankustannusten laskentaa varten.

Raaka-aineessa on sitoutuneena kuparia ja nikkeliä. Pitoisuuksia, joita on käytetty pääoman arvon laskemiseen, on saatu Geologisen tutkimuskeskuksen suorittamista koikeista ja analyyseistä. Pitoisuuksien määrittelemisen oli pääoman kustannuslaskennasta oleellista. Ilman mahdollisuutta laskea puhtaita kupari- ja nikkelimääriä tonneina, pääomakustannusten laskeminen olisi ollut erittäin hankalaa. Pitoisuudet voivat vaihdella raaka-aineessa, mutta tutkimusta varten on sovittu Boliden Harjavallan kanssa, että Geologisen tutkimuskeskuksen virallisia arvoja käytetään laskelmissa.

Pääomankustannuksia on laskettu kahden eri metallin hinnalla. Metallien hinnat, joita laskelmissa käytetään, on kysytty Boliden Harjavallan talousosastolta. On tärkeää, että yhtiössä käytettävä tonnipohjainen hinta on sama kuin muissakin saman vuoden aikana suoritetuissa laskelmissa. Käytettävä laskentakorkokanta on oleellinen osa laskelmaa. Laskentakorkokanta on kysytty Boliden Harjavallan talousosastolta. Työssä laskentakorkokantaa ei kerrota, johtuen yhtiöiden yleisestä tavasta olla julkaisematta oleellista tietoaan kustannusten arvostamisesta.

Raaka-aineen sitoutuneen pääoman arvoa on laskettu viikkotasolla, jolloin pystytään ymmärtämään, mikä on viikkotason pääoman kustannusten aiheuttama menetys. Tuotantolaitoksen käyttö on mitoitettu 10000 tonnille raaka-ainetta. Raaka-aineen muodostumisen määrä on laskettuna teoreettisesti yhdessä viikossa 192,3 tonnia. Yhden viikon raaka-aineen synty on saatu jakamalla maksimiraaka-aineenmäärä vuodessa 52 viikolla.

3.3 Laskelmien tekeminen

Tässä kappaleessa kerrotaan, miten toimintojen aiheuttamat kustannukset on laskettu työssä. Toiminnot ovat jaettuna viiteen eri osioon. Osiot ovat jaettuna niin, että ensimmäinen osio alkaa raaka-ainevarastolta ja siirrytään toimintokohtaisesti eteenpäin, kunnes päädytään tuotantolaitoksen viimeiseen osaan, johon tutkimus päättyy.

Laskentakohteiden tietojen selvittämisen jälkeen alkoi saatujen tietojen perusteella kustannuslaskennan työn osuus. Oli haastavaa miettiä, miten tuotannon kustannukset esitetään, kun viikkotasolla raaka-ainetta syntyi laskennallisesti 192,3 tonnia. Tein suunnitelman, jossa jaettiin toimintokohtaisesti tulevat kustannukset, jotka ovat esitettynä kuvassa 12. Suunnitelmanteon jälkeen lähdin yhdistämään saatuja tietojani Microsoft Excel työkaluun, jonka avulla aloin tehdä taulukkoa eri toimintakohteista.

Vaiheet:	Toiminnot:
1	Raakaaine varasto
	Raaka-aineen käsittely työ (Piikkaus) 23,6t/h kohden.
	Kuljetuskustannukset tuotantolaitoksen ensimmäiseen osan varastopaikalle 30tonnia maksimikuorma puoliperävaunulla.
	Puoliperävaunun täyttö patakentällä aika kaivinkone täytöllä.
2	Varastopaikka tuotantolaitoksen ensimmäinen osa
	Raaka-aineen syöttö ensimmäiseen tuotantolaitoksen osaan.
3	Tuotantolaitoksen ensimmäinen osa
	Energian kulutus
	Bolidenin operaattorien tuntimäärä tuotantolaitoksen ylösajo.
	Bolidenin operaattorien tuntimäärä tuotantolaitoksen alasajo.
4	Varastopaikka tuotantolaitoksen ensimmäisen osan tuotteelle
	Raaka-aineen syöttö toiseen tuotantolaitoksen osaan.
5	Tuotantolaitoksen toinen osa
	Energian kulutus
	Jauhinkappaleiden kulutus ensimmäisessä tuotantolaitteessa kg.
	Jauhinkappaleiden kulutus toisessa tuotantolaitteessa kg.
	Bolidenin operaattorien tuntimäärä tuotantolaitoksen ylösajo.
	Bolidenin operaattorien tuntimäärä tuotantolaitoksen alasajo.

Kuva 12. Suunnitelma tunnistettujen kustannusten laskemiselle.

3.3.1 Ensimmäinen toiminto

Ensimmäinen toiminto oli raaka-aineen käsittely raaka-ainevarastossa. Raaka-ainevarastossa oli kolme toimintakohdetta, joiden kustannuksia lähdin tarkastelemaan. Kohteet olivat raaka-aineen pienentäminen kaivinkoneella, kaivinkoneella lastaus puoliperävaunuun sekä puoliperävaunun kuorman kuljettaminen punnitusaseman kautta tulevan tuotantolaitoksen varastopaikalle. Mainittuihin kohteisiin tehtiin työn kokeellinen osio, josta saatiin tarkat ajat toiminnoille alihankintayritykseltä, joka hoitaa logistisia palveluita Boliden Harjavallalle. Taulukossa 1 on näytetty, miten laskut ovat suoritettuna ensimmäiseen toimintoon. Microsoft Excel työkalulla pystyin simuloimaan eri raaka-aineen tonnimääriä, joita kuljetettaisiin raaka-ainevarastolta tuotantolaitokselle.

Taulukko 1. Ensimmäisen toiminnon laskutavat.

Raaka-aineen pienentämisen kustannus kaivinkoneella:	
Pienentämiseen kuluva aika	23,6t/h
Raaka-aineen määrä varastossa	Y
Pienentämisen tuntihinta	X
Pienentämisen kustannus:	$(Y/26,3t/h) * X$
Kaivinkone lastauksen kustannus puoliperävaunuun:	
Yhden kuorman lastaukseen kuluva aika	15 minuuttia
Kaivinkone lastauksen tonni määrä	29,4 t
Tuntihinta kaivinkoneelle	X
Raaka-aineen määrä varastossa	Y
$(Y/29,4 \text{ tonnilla}) =$	E (Lastaus kertojen määrä kaivinkoneella pyöristettynä ylöspäin seuraavaan kokonaislukuun.)
Kaivinkone lastauksen kustannus:	$X * E * 15 \text{ minuuttia}$
Puoliperävaunun kuljetuksen kustannus:	
Yhden kuorman kuljettamiseen kuluva aika:	43 minuuttia
Puoliperävaunulla kuljetettava tonnimäärä	29,4 tonnia
Tuntihinta puoliperävaunulle	X
Raaka-aineen määrä varastossa	Y
$(Y/29,4 \text{ tonnilla}) =$	E (Kuljettavien kertojen määrä puoliperävaunulla pyöristettynä ylöspäin seuraavaan kokonaislukuun.)
Puoliperävaunun kuljetuskustannus	$X * E * 43 \text{ minuuttia}$

3.3.2 Toinen toiminto

Toisena laskentakohteena oli määrittää tuotantolaitoksen ensimmäisen varastolaarin kuljetuskustannukset tuotantolaitokseen. Kuljetusramppia ei oltu vielä työtä tehdessä rakennettu. Kuvista päätellen yhdessä logistiikan alihankintakumppanin kanssa käydyistä keskusteluista pääteltiin, että ramppi on melkein samanlainen kuin jo yksi olemassa oleva syöttöramppi, joka on Boliden Harjavallalla käytössä. Käytyjen keskustelujen perusteella arviointiin logistiikan alihankkijan kanssa mitattiin aika, kuinka kauan menee suorittaa työ olemassa olevalla syöttörampilta siten, että raaka-aine on otettu varastosta ja kuljetettu tuotantolaitokseen sekä kuormaaja ajettuna ulos rampilta. Aikaa yhteen kuormaan kului yhteensä viisi minuuttia. Taulukossa 2 on esitetty, miten kustannukset ovat laskettuna toiseen toimintoon.

Taulukko 2. Toisen toiminnon kustannuksien laskentatapa.

Ensimmäisen tuotantolaitoksen osan kauhakuormaajan kustannus:	
Syöttöön kuluva aika	5 minuuttia
Kauhakuormaajan kauha täynnä raaka-ainetta	12,4 t
Tuntihinta kauhakuormaajalle	X
Raaka-aineen määrä varastossa	Y
(Y/12,4 tonnilla)	E (Kuljetettavat määrät kauhakuormaajalla pyöristettynä ylöspäin seuraavaan kokonaislukuun.)
Kauhakuormaajan kuljetuskustannus	(5 minuuttia*X)*E

3.3.3 Kolmas toiminto

Kolmannessa toiminnossa on laskettuna tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen tuotannonkustannuksia. Tuotantolaitoksen ensimmäisessä vaiheessa käsitellään raaka-ainetta ennen kuin siirrytään tuotantolaitoksen viimeiseen vaiheeseen. Tässä toiminnossa yksi suurin kustannusten tekijä on energiankulutus, jota tuotantolaitteet käyttävät. Tuotantolaitteiden määrä ensimmäisessä vaiheessa on yhteensä 21 kappaletta, jonka energiankustannuksia tarkastellaan. Laitteiden energiankustannusten laskutapa on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. *Kolmannen toiminnon energiankustannusten laskutapa.*

Ensimmäisen tuotantolaitoksen osan energian kustannusten laskenta:	
Tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen kapasiteetti	150 t/h
Tuotantolaitoksen ensimmäisessä vaiheessa käsiteltävä tonni määrä	X
Tuotantolaitteiden yhteenlaskettu teho	Y Kwh
Energiankustannuksen hinta €	P €/Kwh
Tuotantolaitteiden energiankustannuksen hinta yhtä tuntia kohden	D €
Y*P	D=Energiankustannus, kun tuotantolaitteet käyvät yhden tunnin.
Euromääräinen energiankustannus käsiteltä raaka-aine erää kohden	(X/150t/h) *D

Kolmannessa toiminnossa esiintyy myös kaksi muuta kustannusta, jotka on otettu huomioon laskelmissa. Kustannukset ovat tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen ylös- ja alasajokustannukset, jotka muodostavat Boliden Harjavallan prosessioperaattorien työn kustannuksista.

Tämän vaiheen tiedot hankittiin kyselyn kautta. Kysely lähetettiin Boliden Harjavallan projektipäällikölle, joka vastaa tuotantolaitoksen investoinnista. Projektipäällikkö on johtanut hanketta kokonaisvaltaisesti ja vastaa projektin onnistumisesta ennen kuin tuotantolaitos luovutetaan tuotannonhenkilöstölle. Kysely lähetettiin myös Boliden Harjavallan tutkimus- ja kehitysinsinöörille, joka on ollut tuotantolaitoksen prosessin koeajoissa mukana, sekä ollut koko investointiprojektin aikana mukana projektitiimissä. Kyselyn tulosten perusteella laskettiin keskiarvo vastausten perusteella ensimmäisen toiminnon ylös- ja alasajolle.

Kysymykset olivat valituille henkilöille seuraavat:

1. *Miten oman kokemuksen perusteella arvioisit tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen vievän työaikaa operaattoreilta ylös ajo tilanteessa tunteina mitattuna? Mitä työt olisivat?*
2. *Miten oman kokemuksen perusteella arvioisit tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen vievän työaikaa operaattoreilta alas ajo tilanteessa tunteina mitattuna? Mitä työt olisivat?*

Tämäntyyppistä tuotantolaitosta ei ole ennen rakennettu. Tämän syyn takia oli erittäin vaikea arvioida ylös- ja alasajon kuluva aikaa ilman kyselyä tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen prosessin ylös- ja alasajolle. Kyselyn vastauksien perusteella saatiin laskelmiin arvioitu alas- ja ylös ajoon menevä tuntimäärä. Tuntimäärä on laskettuna keskiarvona kyselyjen perusteella. Taulukossa 4 on näytetty, miten operaattorien tuntikustannus on laskettu.

Taulukko 4. *Operaattorien kustannukset tuotantolaitoksen ensimmäisessä osassa.*

Ensimmäisen tuotantolaitoksen osan operaattorien kustannuksen laskeminen	
Bolidenin operaattorin kustannus	X
Alasajoon kuluva tuntimäärä	Y
Ylösajoon kuluva tuntimäärä	E
Alasajon tuntikustannus Boliden Harjavallalle.	$X \cdot Y$
Ylösajon tuntikustannus Boliden Harjavallalle	$X \cdot E$

3.3.4 Neljäs toiminto

Neljännessä toiminnossa siirretään tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen tuote tuotantolaitoksen toiseen vaiheeseen. Tässä toiminnossa tarkastellaan logistiikkakustannuksia, jotka aiheutuvat raaka-aineen siirtämisestä. Toiminnossa siirretään ensimmäiseen vaiheeseen syötetyn raaka-ainemäärä tuotantolaitoksen toiseen vaiheeseen. Tämä siirtotyö tehdään logistiikka-alihankkijan toimesta kauhakuormajalla.

Kuljetusramppia ei oltu vielä työtä tehdessä rakennettu. Kuvista pääteltiin yhdessä logistiikan alihankintakumppanin kanssa, että ramppi on melkein samanlainen kuin jo yksi olemassa oleva syöttöramppi, joka on Boliden Harjavallalla käytössä. Tämä sama vaihe käsiteltiin toisessa toiminnossa. Arvioitu aika kuljetukseen varastosta siten, että syöttöramppi on ajettuna ylös kauhakuormajalla sekä kauhan yksi kuorma olisi kipattuna syöttösiiloon kestäisi 5 minuuttia. Taulukossa 5 on esitetty laskutapa miten kustannukset ovat laskettuna neljännelle toiminnolle.

Taulukko 5. *Toisen tuotantolaitoksen osan kauhakuormaan kustannuksen laskutapa.*

Toisen tuotantolaitoksen osan kauhakuormajan kustannus	
Syöttöön kuluva aika	5 minuuttia
Kauhakuormajan kauha täynnä raaka-ainetta	12,4 t
Tuntihinta kauhakuormajalle	X
Raaka-aineenmäärä varastossa	Y
(Y/12,4 tonnilla)	E (Kuljetettavat määrät kauhakuormajalla pyöristettynä ylöspäin seuraavaan kokonaislu- kuun.)
Kauhakuormajan kuljetuskustannus	(5 minuuttia*X)*E

3.3.5 Viides toiminto

Viidennessä toiminnossa, joka on laskentaosion viimeinen tarkasteltava osa, esiintyy viisi eri kustannuksen kohdetta. Tarkasteltavat kustannukset ovat energiankulutus, kahden prosessilaitteen jauhinkappaleiden kulutus sekä tuotantolaitoksen ylös- ja alasajon kustannukset.

Energiankulutuksen kustannukset sain laskelmiini Boliden Harjavallalta tuotantolaitoksen sähkösuunnittelijalta, joka oli kasannut tuotantolaitteista kulutuspisteluetelun. Tuotantolaitteita on yhteensä 59 kappaletta, jonka käynninaikaista kulutusta lasketaan. Tuotantolaitoksen moottorien kilowattiarvot on annettu taulukossa ja ne on summattu yhteen. Taulukossa 6 on esitetty laskutapa tuotantolaitoksen toisen vaiheen energiankulutuksen kustannus.

Taulukko 6. *Tuotantolaitoksen toiseen vaiheen energiankustannuksen laskentapa.*

Toisen tuotantolaitoksen osan energiankustannusten laskenta	
Tuotantolaitoksen toisen vaiheen kapasiteetti	4 t/h
Tuotantolaitoksen toisessa vaiheessa käsiteltävä tonnimäärä	X
Tuotantolaitteiden yhteenlaskettu teho	Y Kwh
Energiankustannuksen hinta €	P €/Kwh
Tuotantolaitteiden energiankustannuksen hinta yhtä tuntia kohden	D €
Y*P	D = Energiankustannus, kun tuotantolaitteet käyvät yhden tunnin.
Euomääräinen energiankustannus käsiteltyä raaka-aine erää kohden	(X/4t/h) *D

Seuraavana vaiheena oli laskea, kuinka paljon ensimmäisen prosessilaitteen jauhinkappalekulutus on, kun prosessilaitetta käytetään tuotannossa. Laskelmiini olen saanut lähtötiedot Boliden Harjavallan tutkimus ja kehitysinsinööriltä, kenen kanssa laskelmat ovat tarkastettu oikeaksi. Taulukossa 7 on esitetty, miten ensimmäisen tuotantolaitteen kustannukset ovat laskettu.

Taulukko 7. *Ensimmäisen tuotantolaitteen jauhinkappaleiden kustannus laskettuna.*

Ensimmäisen tuotantolaitteen osan jauhinkappaleiden kustannus	
Jauhinkappaleen kulutus	40g/Kwh
Tuotantolaitteen teho kilowatteina tuotannon aikana	107 Kwh
Tuotantolaitteen sisällä oleva raaka-ainemäärä	4 t
Tuotantolaitokseen syötettävä raaka-aineen määrä tonneissa	X
Jauhinkappaleen yhden kilogramman kustannus	0,85 €
Jauhinkappaleen kulutus laskettuna grammaa raaka-aine tonnia kohden	$(40g \cdot 107Kwh) / 4t = 1070 g$
Jauhinkappaleiden kustannus tuotantolaitoksella X raaka-aine tonnia kohden.	$((1070g / t \cdot X) / 1000) \cdot 0,85€/kg$

Tuotantolaitoksella on myös toinen prosessilaitte, joka käyttää jauhinkappaleita prosessin käydessä. Ero edelliseen tuotantolaitteeseen on seuraava. Prosessilaitteen jauhinkappaleet ovat eri materiaalia, kuin ensimmäisessä tuotantolaitteessa, joten materiaalinkulutus on eri. Lähtötiedot laskennalla poikkeavat, koska tuotantolaitte on erityyppinen verrattuna ensimmäiseen jauhinkappaleiden kulutuksen laskentaan. Taulukossa 8 on esitettyä, toisen tuotantolaitteen jauhinkappaleiden kustannuksien laskutapa.

Taulukko 8. *Toisen jauhinkappaleita käyttävän tuotantolaitteen kustannukset.*

Toisen tuotantolaitteen osan jauhinkappaleiden kustannus	
Jauhinkappaleen kulutus	15 g/t
Tuotantolaitteen tehon otto syötettävää raaka-ainetonnina kohden	17,4 Kwh tonnia kohden
Tuotantolaitteen sisällä oleva raaka-ainemäärä	4 tonnia
Tuotantolaitokseen syötettävä raaka-ainemäärä tonneissa	X
Jauhinkappaleen yhden kilogramman kustannus	2 €
Jauhinkappaleen kulutus laskettuna grammaa tonnia kohden	$((4t \cdot 17,4kwh) \cdot 15 \text{ g}) / 4t = 261 \text{ g/t}$
Jauhinkappaleiden kustannus tuotantolaitoksella X raaka-aine tonnia kohden.	$((261g/t \cdot X) / 1000) \cdot 2€/kg$

Tuotantolaitoksesta ei ole suoraan referenssiä olemassa, koska tämäntyyppistä tuotantolaitosta ei ole tunnistettu olevan muualla. Boliden Harjavallan tulevan tuotantolaitoksen ylös- ja alasajon eri vaiheita oli hankala arvioida ja tarkastella. Tiedot ylös- ja alasajon eri vaiheisiin on selvitetty kyselyn kautta, joka lähetettiin projektitiimin kahdelle henkilölle. Kyselyssä pyydettiin arvioimaan seuraavia asioita.

1. *Miten oman kokemuksen perusteella näet, että tuotantolaitoksen toisen vaiheen ylös ajo kestäisi ja kuinka kauan ylös ajon valmistelutyöt veisivät aikaa prosessin operaattoreilta tunteina mitattuna? Mitä työt olisivat?*
2. *Miten oman kokemuksen perusteella näet, että tuotantolaitoksen toisen vaiheen alas ajo kestäisi ja kuinka kauan alas ajon pesutyöt / tyhjennystyöt veisivät aikaa prosessin operaattoreilta tunteina mitattuna? Mitä työt olisivat?*

Kyselyn perusteella saaduista vastauksista laskenta-arvio ylös- ja alasajoon kuluva tuntimäärästä on laskettu keskiarvo, jonka mukaan laskelmat ovat tehty. Operaattorin yhden tunnin kustannus on saatu Boliden Harjavallan talousosastolta. Taulukossa 9 on esitetty, miten laskenta on suoritettu.

Taulukko 9. *Toisen tuotantolaitoksen osan operaattorien kustannuksien laskutapa.*

Toisen tuotantolaitoksen osan operaattorien kustannuksen laskeminen:	
Bolidenin operaattorin kustannus	X
Alasajoon kuluva tuntimäärä	Y
Ylösajoon kuluva tuntimäärä	E
Alasajon tuntikustannus Boliden Harjavallalle	$X \cdot Y$
Ylösajon tuntikustannus Boliden Harjavallalle	$X \cdot E$

3.4 Sitoutuneen pääoman kustannukset

Sitoutuneen pääoman kustannuksia on tarkasteltu työssä kahden eri metallin kautta. Tarkasteltavat metallit ovat kupari ja nikkeli. Kupari ja nikkeli ovat Boliden Harjavallan sulattojen kaksi keskeistä tuotetta, joten mahdollisen kupari- ja nikkelpitoisen välituotteen varastoon jääminen aiheuttaa kustannuksia, koska metallit ovat sitoutuneena väli-varastoon eivätkä ole siirtyneet jatkojalostettavaksi asiakkaille.

Pääomanlaskenta on pohdittu työssä mahdollisimman tarkasti viikossa syntyvän välituote raaka-ainemäärän kautta, joka tuotetaan työssä käsiteltävän tuotantolaitoksen syötteeksi. Yhden viikon aikana syntyvän raaka-aineen määrä oli teoreettisesti 192,3 tonnia. Luku saatiin annetun raaka-aineen muodostumisen arvion kautta. Raaka-aineen muodostuminen vuositasona on arvioitu olevan 10000 tonnia. Kun 10000 tonnia jaetaan 52 viikolla, saadaan viikoittain teoreettisesti syntyvä materiaalin määrä, joka on 192,3 tonnia. Kuparin ja nikkelin tonnihinnat pääomalaskelmia varten on saatu Boliden Harjavallan talousosastolta. Kuparin- ja nikkelinpitoisuudet raaka-aineessa, joita käytetään laskelmissa, on saatu geologian tutkimuskeskuksen tekemästä pilot -kokeesta Boliden Harjavallalle. Taulukossa 10 on esitetty, miten sitoutuneen pääomankustannukset ovat laskettuna.

Taulukko 10. *Sitoutuneen pääoman laskentapa 1 viikkoa kohti.*

Sitoutuneen pääomankustannuksien laskutapa	
Kuparin tonnihinta	A €
Kuparin pitoisuus	B %
Nikkelin tonnihinta	C €
Nikkelin pitoisuus	D %
Laskentakorko	E %
Raaka-aineenmäärä varastossa	F t
Yksi viikko	G 7 päivää
Yksi vuosi	H 365 päivää
Kuparin määrä varastossa	$F \cdot B = J$
Kuparin arvo varastossa	$J \cdot A = K$
Yhden viikon sitoutuneen kupari tonnien pääomakustannus varastossa	$(K \cdot E \cdot G) / H$
Nikkelin määrä varastossa	$D \cdot F = I$
Nikkelin arvo varastossa	$I \cdot C = L$
Yhden viikon sitoutuneen Nikkeli tonnien pääomakustannus varastossa	$(L \cdot E \cdot G) / H$

Kuparin sitoutuneen raaka-aineen määrä on taulukossa laskettu yhteensä 14 viikolle. Tarkastelua on tehty laskelmassa niin, että yhden viikon aikana raaka-aine lisääntyisi teoreettisen syntymäärän mukaisesti. Kuvassa 13 on esimerkinomaisesti esitetty, miten laskelma on tehty.

Viikko	kumulatiivinen raaka-aine varasto	Puhdasta kuparia raaka-aine varastossa tonneina	Raaka-aine varaston kuparin arvo €	Laskentakoron pääoman kulu kuparille
1	192,3	28,8	147 109,50 €	169,3 €
2	384,6	57,7	294 219,00 €	338,6 €
3	576,9	86,5	441 328,50 €	507,8 €
4	769,2	115,4	588 438,00 €	677,1 €
5	961,5	144,2	735 547,50 €	846,4 €
6	1153,8	173,1	882 657,00 €	1 015,7 €
7	1346,1	201,9	1 029 766,50 €	1 184,9 €
8	1538,4	230,8	1 176 876,00 €	1 354,2 €
9	1730,7	259,6	1 323 985,50 €	1 523,5 €
10	1923	288,5	1 471 095,00 €	1 692,8 €
11	2115,3	317,3	1 618 204,50 €	1 862,0 €
12	2307,6	346,1	1 765 314,00 €	2 031,3 €
13	2499,9	375,0	1 912 423,50 €	2 200,6 €
14	2692,2	403,8	2 059 533,00 €	2 369,9 €

Kuva 13. Esimerkki laskelman kuparin pääomankustannuksesta raaka-ainevarastossa.

Raaka-ainevaraston sitoutuneen pääoman kustannuksen määrää on laskettu tutkimuksessa annetuilla arvoilla. Raaka-ainemäärä on laskelmissa oletettu viikkotuotannon 192,3 tonnia kumuloituvan aina 14 viikolle asti, joten laskelma osoittaa viikosta 1 syntyvän raaka-aineen pääomankustannuksen aina viikolle 14 asti. Laskelman on tarkoitus osoittaa, kuinka paljon kustannuksia varastoitu raaka-aine tuottaa Boliden Harjavallalle.

4. TULOKSET

Tässä kappaleessa käydään läpi tuloksia, joita on saatu eri raaka-aineen syöttömäärillä prosessiin. Työn laskentaosuudessa on käytetty työkaluna Microsoft Excel -laskentatyökalua. Taulukkoon on määritetty tarkasti diplomityössä läpi käytyt kustannukset, jotka on summattu yhteen aina valittua raaka-ainemäärää kohden. Tuloksia voidaan simuloida millä raaka-ainemäärillä vain. Tässä työssä tulokset ovat käsitelty teoreettisella syntyvillä raaka-ainemäärillä. Tuloksia voidaan herkistellä kaikkien toimintojen osalta millä raaka-ainemäärillä vain tulevaisuudessa. Raaka-ainemäärien herkistelyllä voidaan nähdä, kuinka paljon käyttökustannukset nousevat valitussa toiminnossa eri raaka-ainemäärillä, joten voidaan pohtia uusia mahdollisia käyttötapoja tulevaisuudessa, kun tuotantolaitoksesta on saatu kokemusta.

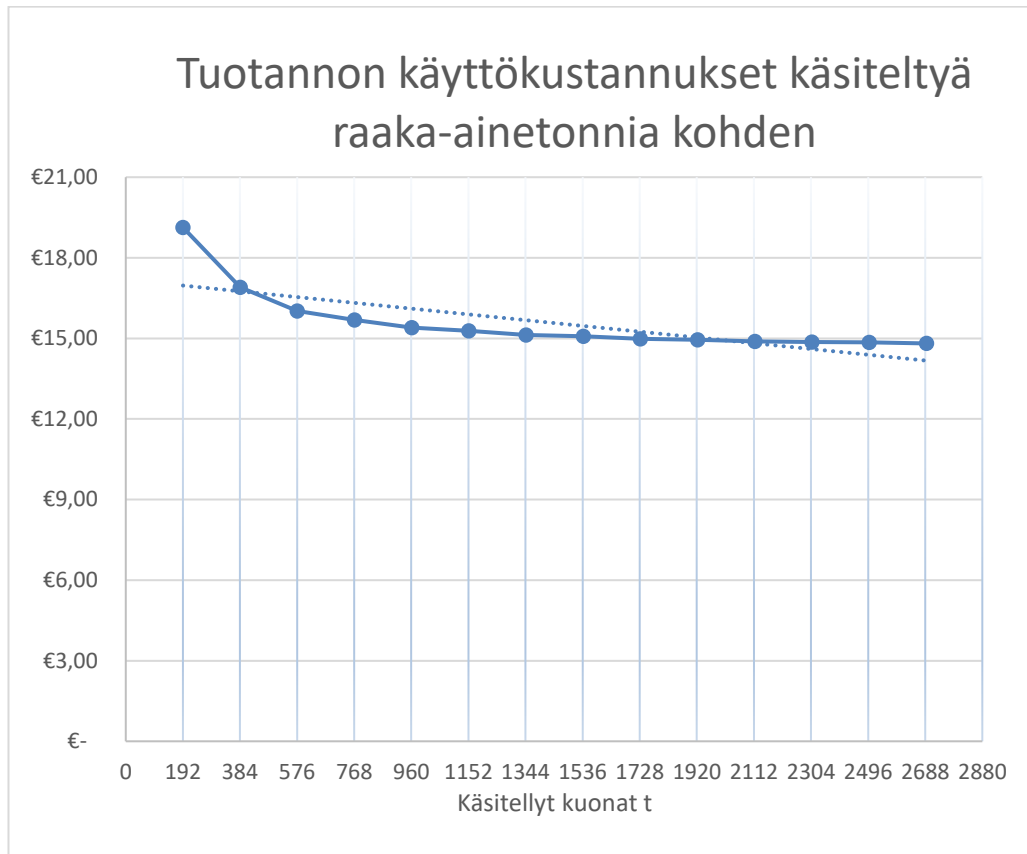
4.1 Tuotantolaitoksen käyttökustannukset

Tuotantolaitoksen käyttökustannukset on laskettu seuraavista tekijöistä.

- logistiikkakustannukset
- henkilöstökustannukset ylös- ja alasajotilanteessa
- tuotantohyödykkeiden kulutus
- energiankulutus

Tuotannon kustannuksia tarkasteltiin Microsoft Excel -työkalulla johon, oli kerätty tarvittavat tunti hinnat, ajat toimintojen suorittamiseen sekä energiankulutuksen määrä.

Kuvassa 14 on esitetty kustannusten kehittyminen aina käsiteltyä raaka-ainetonnin kohden.



Kuva 14. Tuotannon käyttökustannukset käsitellyllä raaka-ainemäärällä.

X-akselin kumulatiiviseksi raaka-ainetonnin kertymäksi on valittu 192,3 tonnia, joka kuvaa juuri sitä määrää, jota raaka-ainetta syntyy viikossa tuotannon varastoon. Y-akselilla on kustannusdata, akseli on skaalattu 3 euron välein, jotta y-akseli olisi mahdollisimman havainnollinen. Y-akselin euromääräinen summa on saatu seuraavasti:

Laskennan tiedot:

$192,3 \text{ tonnin tuotantolaitoksen käsitellyn raaka-ainetonnin kustannus} / 192,3 \text{ tonnia} =$
Yhden raaka-ainetonnin kustannus euroina.

Laskentaa on jatkettu samalla periaatteella aina 2692,2 tonniin asti, joka tarkoittaa 14 viikon aikana syntyvää raaka-ainevarastoa ilman tuotantolaitoskäsittelyä.

Tuotannon käyttökustannuksista voidaan havaita, että kustannukset pienevät aina mitä enemmän raaka-ainetta käsitellään yhdellä kerralla. Taulukossa 11 voidaan havaita, että mitä enemmän tuotantolaitos käsittelee raaka-ainetta tutkimuksen mukaan, sitä alhaisemmaksi käsitelty raaka-ainetonnin kustannus muodostuu. Taulukon käyttökustannuksia voidaan herkistellä ja tarkastella myös toteutuvilla raaka-ainemäärillä tulevaisuudessa, kun prosessi on käynnissä. Tämä auttaa ymmärtämään ja näkemään kustannuksia oikean tuotannon aikana sekä helpottaa kustannustenhallintaa.

Taulukko 11. *Tuotannon käyttökustannukset käsitellyllä raaka-ainemäärällä.*

Viikko	Raaka-aineenmäärän lisääntyminen kumula- tiivisesti viikkoa kohden varastossa	Tuotantolaitoksen käyt- tökustannus	Käsitellyn raaka-ai- neen tonninkustan- nus
1	192,3	3 679,00 €	19,13 €
2	384,6	6 502,00 €	16,91 €
3	576,9	9 241,00 €	16,02 €
4	769,2	12 065,00 €	15,69 €
5	961,5	14 804,00 €	15,40 €
6	1153,8	17 627,00 €	15,28 €
7	1346,1	20 366,00 €	15,13 €
8	1538,4	23 190,00 €	15,07 €
9	1730,7	25 929,00 €	14,98 €
10	1923	28 752,00 €	14,95 €
11	2115,3	31 491,00 €	14,89 €
12	2307,6	34 315,00 €	14,87 €
13	2499,9	37 120,00 €	14,85 €
14	2692,2	39 877,00 €	14,81 €

Taulukossa 11 on esitetty tonnikustannukset tuotantolaitoksessa. Korkea tonnikustannuksen muodostuminen viikolla 1 ja 2 verrattuna esimerkiksi viikkoon 8 on selitettävissä seuraavasti. Laskelmassa mukana olevat kiinteät kustannukset vaikuttavat paljon pienillä raaka-ainetonneilla kustannuksiin, koska kiinteät ylös- ja alasajo kustannukset ovat samat riippumatta käsitelystä raaka-ainetonnin määrästä. Tästä syystä viikon 1 ja 3 välillä kustannukset tulevat huomattavasti alas käsiteltyä raaka-ainetonnin kohden.

4.1.1 Laskennan perustana olevat tulokset logistiikka toiminnoista

Tässä kappaleessa näytetään, miten logistiikkakustannukset kehittyvät tuotannon käyttökustannuksia laskiessa. Taulukoissa on esitetty, miten eri toiminnot kehittyvät, kun käsitellään kasvavaa raaka-ainetonnimäärää tutkittujen 14 viikon osalta. Tässä kappaleessa on esitetty logistiikkakustannusten muodostuminen loogisessa järjestyksessä tutkitulla 14 viikolla. Näiden toimintojen tutkimusten avulla on pystytty laskemaan käyttö-kustannuksia, jotka muodostuvat logistiikkatoiminnoista. Taulukkoa pystytään analysoimaan ja herkistelemään muilla kuin teoreettisilla syntyvillä määrillä. Taulukon avulla pystyy tulevaisuudessa suunnittelemaan ja tarkastelemaan aina halutun raaka-aine erän aiheuttamia piikkaustyön kustannuksia.

Taulukossa 12 on tutkittu, miten piikkaustyön tunnit kasvavat tai eroavat käsitellyn raaka-ainetonnimäärän kasvaessa. Taulukosta voi nähdä, että piikkaustyön tuntimäärä kasvaa, mitä enemmän raaka-ainetta käsitellään. Taulukosta voi havaita, että raaka-ainetonnimäärän kasvaessa ei tapahdu eroa suhteessa, käsitelläänkö viikon 1 raaka-ainetonnimäärä tai viikon 3 raaka-ainetonnimäärä.

Taulukko 12. *Piikkaustyön kesto tarkasteltu käsiteltäviä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Piikkaustyön kesto tunteja	Ero edelliseen
1	192,3	8,1	
2	384,6	16,3	-8,1
3	576,9	24,4	-8,1
4	769,2	32,6	-8,1
5	961,5	40,7	-8,1
6	1153,8	48,9	-8,1
7	1346,1	57,0	-8,1
8	1538,4	65,2	-8,1
9	1730,7	73,3	-8,1
10	1923	81,5	-8,1
11	2115,3	89,6	-8,1
12	2307,6	97,8	-8,1
13	2499,9	105,9	-8,1
14	2692,2	114,1	-8,1

Taulukossa 13 voidaan havaita, kuinka monta kertaa kaivinkone täyttää puoliperävaunua raaka-ainevarastolla tutkittua raaka-ainetonnimäärää kohden. Taulukosta voidaan havaita, että täyttökerrat pysyvät suhteessa samana, vaikka täyttökerrat lisääntyvät raaka-ainetonnimäärän kasvaessa. Taulukon avulla pystytään näkemään, miten eri raaka-ainetonnimäärät vaikuttavat kuljetuskustannuksiin.

Taulukko 13. *Kaivinkoneen lastauskerrat esitettynä käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Kaivinkoneen käyttökerrat puoliperävaunua lastatessa	Ero edelliseen
1	192,3	7	
2	384,6	14	-7
3	576,9	20	-6
4	769,2	27	-7
5	961,5	33	-6
6	1153,8	40	-7
7	1346,1	46	-6
8	1538,4	53	-7
9	1730,7	59	-6
10	1923	66	-7
11	2115,3	72	-6
12	2307,6	79	-7
13	2499,9	86	-7
14	2692,2	92	-6

Taulukossa 14 on tutkittu, miten kuljetusten määrä puoliperävaunulla vaikuttaisi tuotantokustannuksen hintaan. Taulukosta näkee, että kustannusvaikutus menee periaatteella, joka toisella viikolla tulisi yksi kuorma vähemmän paitsi viikolla 12 ja 13. Taulukosta voidaan havaita, että kuljetusten määrät nousevat tasaisesti viikkojen aikana, kun raaka-ainemääräkin lisääntyy. Kuljetusten määrä lisääntyy kohtalaisen lineaarisesti raaka-ainemäärän kasvaessa. Taulukon avulla voidaan analysoida sekä tutkia, miten raaka-aineen kuljetusmäärät kasvavat. Taulukon avulla voidaan tulevaisuudessa pohtia, onko juuri puoliperävaunu kaikista kustannustehokkain tapa kuljettaa raaka-ainetta.

Taulukko 14. *Kuljetusten määrä puoliperävaunulla esitettynä käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Kuljetusten määrä puoliperävaunulla	Ero edelliseen
1	192,3	7	
2	384,6	14	-7
3	576,9	20	-6
4	769,2	27	-7
5	961,5	33	-6
6	1153,8	40	-7
7	1346,1	46	-6
8	1538,4	53	-7
9	1730,7	59	-6
10	1923	66	-7
11	2115,3	72	-6
12	2307,6	79	-7
13	2499,9	86	-7
14	2692,2	92	-6

Taulukossa 15 on esitettyinä kerrat, jotka kauhakuormaaja käy kuljettamassa raaka-ainetta tuotantolaitoksen ensimmäiseen vaiheeseen. Taulukosta näkee raaka-aineen siirtämisen vaihtelevan yhdellä kerralla tutkitun 14 viikon raaka-ainetonnimäärän mukaan. Taulukosta voidaan havaita, että kuljetusten määrät nousevat tasaisesti viikkojen aikana, kun raaka-ainemääräkin lisääntyy. Kuljetusten määrä lisääntyy kohtalaisen lineaarisesti raaka-ainemäärän kasvaessa. Tulevaisuudessa taulukon avulla pystytään miettimään ja peilaamaan, onko kuormaajan valittu kauha parhain mahdollinen vaihtoehto, vai pitäisikö kuormaajan kauha olla mahdollisesti kooltaan suurempi, jolloin samoilla kerroilla saataisiin enemmän raaka-ainetta syötettyä tuotantolaitokseen.

Taulukko 15. *Kauhakuormaajan käyttö tuotantolaitoksen ensimmäisessä osassa käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Kauhakuormaajan täyttö kerrat tuotantolaitoksessa ensimmäisessä osassa	Ero edelliseen
1	192,3	16	
2	384,6	32	-16
3	576,9	47	-15
4	769,2	63	-16
5	961,5	78	-15
6	1153,8	94	-16
7	1346,1	109	-15
8	1538,4	125	-16
9	1730,7	140	-15
10	1923	156	-16
11	2115,3	171	-15
12	2307,6	187	-16
13	2499,9	202	-15
14	2692,2	218	-16

Taulukossa 16 on esitettyinä kerrat, jotka kauhakuormaaja käy kuljettamassa raaka-ainetta tuotantolaitoksen toiseen vaiheeseen. Taulukosta näkee raaka-aineen siirtämisen vaihtelevan yhdellä kerralla tutkitun 14 viikon raaka-ainetonnimäärän mukaan. Taulukosta voi havaita, että kuljetuskerrat ero edelliseen sarakkeesta eivät lisäännä suhteessa merkittävästi edelliseen valittuun tonnimäärän. Tämän vaiheen raaka-aineen syöttökertoja voidaan tulevaisuudessa analysoida, onko nykyinen kauhan koko paras vaihtoehto. Taulukko 16 antaa juuri tutkitulle kauhan koolle syöttökertojen määrät teoreettisilla raaka-ainemäärillä.

Taulukko 16. *Kauhakuormaajan käyttö tuotantolaitoksen toisessa osassa käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Kauhakuormaajan täyttö kerrat tuotantolaitoksessa toisessa osassa	Ero edelliseen
1	192,3	16	
2	384,6	32	-16
3	576,9	47	-15
4	769,2	63	-16
5	961,5	78	-15
6	1153,8	94	-16
7	1346,1	109	-15
8	1538,4	125	-16
9	1730,7	140	-15
10	1923	156	-16
11	2115,3	171	-15
12	2307,6	187	-16
13	2499,9	202	-15
14	2692,2	218	-16

4.1.2 Laskennan perustana olevat tulokset tuotantohyödykkeiden kulutuksesta

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös tuotantohyödykkeiden kulutusta. Tuotantohyödykkeiden kulutus ja määrät ovat esitettynä tässä kappaleessa. Käyttökustannusten laskemista varten on tutkittu raaka-ainetonnien mukaisesti kulutukset, jotta laskenta pystytään tekemään luotettavasti.

Taulukossa 17 on esitettynä ensimmäisen tuotantolaitteen jauhinkappaleiden kulutus. Kulutus on esitettynä taulukossa kilogrammoina. Taulukosta voi nähdä, että jauhinkappaleiden kulutus on tasaista, vaikka käsiteltävä raaka-ainetonnimäärä kasvaisi. Suurta kulutuksen suhteellista eroa ei tapahdu, vaikka käsiteltävä raaka-ainetonnimäärä nousisi. Tuotantolaitoksen jauhinkappaleita voidaan tulevaisuudessa optimoida ja kartoittaa, onko nykyinen jauhinkappaleiden teoreettinen valinta ollut oikea ennen kuin tuotantolaitosta on käytetty. Taulukko 17 antaa kuvan, kuinka paljon jauhinkappaleita kuluu teoreettisilla raaka-aineen muodostumisen määrillä.

Taulukko 17. *Ensimmäisen tuotantolaitteen jauhinkappaleiden kulutus esitettynä käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Jauhinkappaleen kulutus kg	Ero edelliseen kg
1	192,3	205,8	
2	384,6	411,5	-205,7
3	576,9	617,3	-205,8
4	769,2	823	-205,7
5	961,5	1028,8	-205,8
6	1153,8	1234,6	-205,8
7	1346,1	1440,3	-205,7
8	1538,4	1646,1	-205,8
9	1730,7	1851,8	-205,7
10	1923	2057,6	-205,8
11	2115,3	2263,4	-205,8
12	2307,6	2469,1	-205,7
13	2499,9	2674,9	-205,8
14	2692,2	2880,7	-205,8

Toisen jauhinkappaleita käyttävän tuotantolaitteen jauhinkappaleiden kulutuksen määrä on esitettyinä taulukossa 18. Taulukosta voidaan havaita, että käsiteltävän raaka-aine tonnin kasvaessa jauhinkappaleiden kulutus ei lähde kasvamaan, vaan pysyy suhteessa samassa kulutuksessa tarkasteltavina olevina viikkoina. Taulukko 18 antaa tulevaisuudessa mahdollisuuden tarkastella teoreettisesti tasolla kuluva määrä ja tuotannon aikana kuluva määrä, joka antaa mahdollisuuden tulevaisuudessa optimoida ja tarkastella materiaalivalintoja jauhinkappaleille.

Taulukko 18. *Toisen tuotantolaitteen jauhinkappaleiden kulutus esitettyinä käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Jauhinkappaleen kulutus kg	Ero edelliseen kg
1	192,3	50,2	
2	384,6	100,4	-50,2
3	576,9	150,6	-50,2
4	769,2	200,8	-50,2
5	961,5	251	-50,2
6	1153,8	301,1	-50,1
7	1346,1	351,3	-50,2
8	1538,4	401,5	-50,2
9	1730,7	451,7	-50,2
10	1923	501,9	-50,2
11	2115,3	552,1	-50,2
12	2307,6	602,3	-50,2
13	2499,9	652,5	-50,2
14	2692,2	702,7	-50,2

Käyttökustannuksia laskiessa yksi merkittävä kustannuksien lähde oli energiakustannukset. Taulukossa 19 on esitetty raaka-ainetonnikohtaisesti, kuinka paljon energiaa tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen käsittely kuluttaa. Energiankulutuksen määrät ovat laskettuna 14 tutkitun viikon raaka-ainemäärille. Taulukosta 19 voi havaita, että energian kustannuksien suhteellinen ero edelliseen ei muutu merkittävästi tutkittavan 14 viikon aikana. Taulukosta 19 voidaan nähdä, että energiankulutus kasvaa käsiteltyä raaka-ainetonnia kohden. Taulukon avulla voidaan pohtia ja tulevaisuudessa tarkastella, saadaanko energiankäyttöä mahdollisesti alemmaksi eri teknologia- tai prosessiratkaisuilla, jos tämä koetaan yrityksessä kriittiseksi tekijäksi.

Taulukko 19. *Tuotantolaitoksen ensimmäisen vaiheen energiankulutus käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Energian käyttö Kwh	Ero edelliseen Kwh
1	192,3	460,0	
2	384,6	920,0	-460,0
3	576,9	1379,9	-459,9
4	769,2	1839,9	-460,0
5	961,5	2299,9	-460,0
6	1153,8	2759,9	-460,0
7	1346,1	3219,9	-460,0
8	1538,4	3679,9	-460,0
9	1730,7	4139,8	-460,0
10	1923	4599,8	-460,0
11	2115,3	5059,8	-460,0
12	2307,6	5519,8	-460,0
13	2499,9	5979,8	-460,0
14	2692,2	6439,7	-460,0

Viimeisenä osana oli tarkastella tuotantolaitoksen toisen osan energiankulutusta. Energiankulutus on toisessa osassa korkeampi johtuen pidemmästä käsittelyajasta verrattuna ensimmäisen osan energiankulutukseen. Taulukosta 20 voidaan havaita, että energiakustannusten suhteellinen ero ei nouse tässäkään vaiheessa tarkasteltuja viikkoja kohden. Energiaa kuluu enemmän, mitä enemmän raaka-ainetta käsitellään kerralla, mutta suhde pysyy tasaisena. Se kertoo, että kerralla isompaa raaka-ainemäärää käsitellessä kustannukset eivät nouse suhteessa korkeaksi verrattuna pienempiin raaka-ainejoihin. Energiankustannusten noustessa mahdollisesti tulevaisuudessa taulukon 20 avulla voidaan pohtia, onko kalliin energiankustannusten aikana järkevää ajaa tuotantolaitosta vai kannattaisiko mahdollisesti raaka-ainetta varastoida korkean energianhinnan aikana varsinkin talviaikaan. Taulukosta 20 voidaan nähdä teoreettisesti syntyvän raaka-aineen energiankustannukset laskettuna.

Taulukko 20. *Tuotantolaitoksen toisen vaiheen energiankulutus käsiteltyjä raaka-ainetonneja kohden.*

Viikot	Raaka-ainetonnit	Energian käyttö Kwh	Ero edelliseen Kwh
1	192,3	18208,4	
2	384,6	36416,8	-18208,4
3	576,9	54625,2	-18208,4
4	769,2	72833,6	-18208,4
5	961,5	91042,0	-18208,4
6	1153,8	109250,4	-18208,4
7	1346,1	127458,8	-18208,4
8	1538,4	145667,3	-18208,4
9	1730,7	163875,7	-18208,4
10	1923	182084,1	-18208,4
11	2115,3	200292,5	-18208,4
12	2307,6	218500,9	-18208,4
13	2499,9	236709,3	-18208,4
14	2692,2	254917,7	-18208,4

4.2 Tuotantolaitoksen sitoutuneen pääomankustannukset

Pääomankustannuksen oletettiin olevan suurempi kustannuksiltaan, mitä enemmän raaka-ainetta on varastossa. Työn yhtenä tarkoituksena oli tutkia, mikä on pääoman kustannus, kun raaka-ainetta on varastossa teoreettisen muodostumisen mukaan. Pääoman kustannuksella on merkittävä arvo tutkimuksen lopussa, kun tarkastellaan, mikä on taloudellisessa mielessä mahdollisimman edullisin tapa käyttää tuotantolaitosta. Boliden Harjavallalle annettavan laskentatyökalun avulla pystytään herkistelemään ja analysoimaan tuotantolaitoksen raaka-aineen pääomakustannuksia raaka-aineen hintojen muuttuessa. Kustannuksien muututtua mahdollisesti paljon alaspäin, laskee se oleellisesti sitoutuneen pääomankustannuksia. Tällä tavalla voidaan uudelleenarvioida kokonaiskustannuksia eri raaka-ainemääriille.

Pääomankustannusta tarkasteltiin 14 viikon mukaan siten, että raaka-aine muodostuu varastoon kumulatiivisesti viikossa 192,3 tonnia, joka oli teoreettinen raaka-aineen muodostuminen viikon aikana. Tässä osassa esitetyt laskelmat on tehty esimerkinomaisesti satunnaisesti valituilla arvoilla. Virallinen taulukko toimitetaan Boliden Harjavalta Oy:lle sekä diplomityön valvojalle liitteinä. Virallisen taulukonlaskelmat ovat tarkastettu Boliden Harjavallan talousosastolla. Taulukossa 21 on esitettyä esimerkki, miten laskelma on tehty.

Taulukko 21. *Esimerkki pääomankustannuksista laskettuna.*

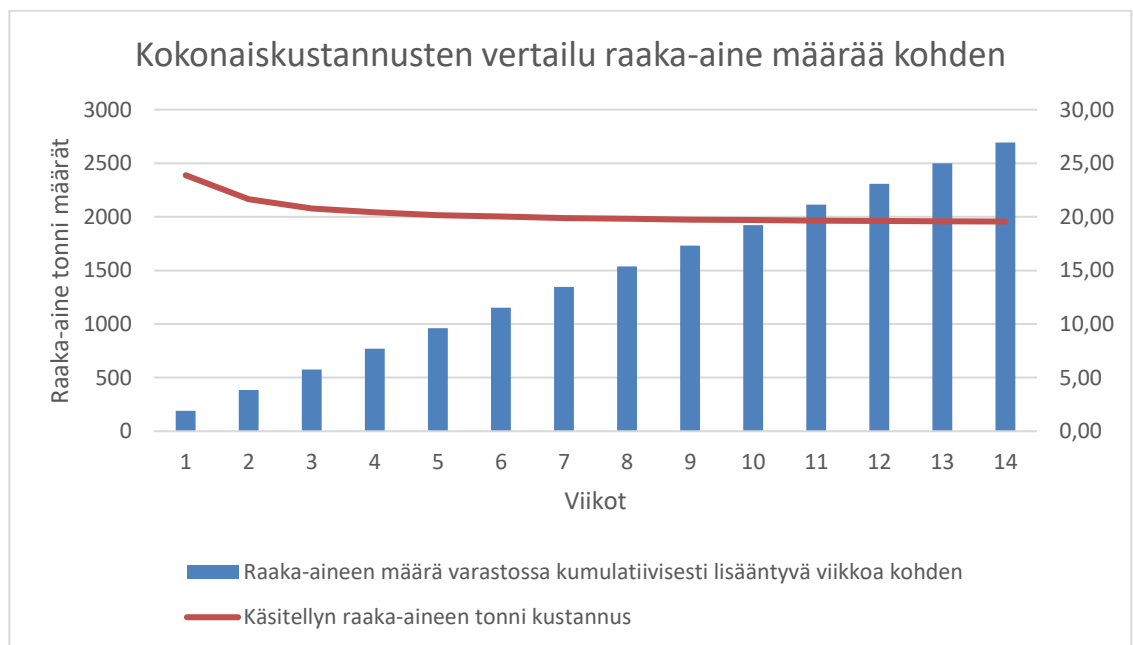
Viikko	kumula- tiivinen raaka- aine va- rasto	Puhdasta kuparia raaka-aine varastossa tonneina	Puhdasta nikkeliä raaka-aine varastossa tonneina	Raaka-aine va- raston kuparin arvo €	Raaka-aine va- raston nikkelin arvo €	Laskentako- ron pääoman kulu kuparille ja nikkeliille €
1	192,3	28,8	4,9	147 109,50 €	49 036,50 €	225,7 €
2	384,6	57,7	9,8	294 219,00 €	98 073,00 €	451,4 €
3	576,9	86,5	14,7	441 328,50 €	147 109,50 €	677,1 €
4	769,2	115,4	19,6	588 438,00 €	196 146,00 €	902,8 €
5	961,5	144,2	24,5	735 547,50 €	245 182,50 €	1 128,5 €
6	1153,8	173,1	29,4	882 657,00 €	294 219,00 €	1 354,2 €
7	1346,1	201,9	34,3	1 029 766,50 €	343 255,50 €	1 579,9 €
8	1538,4	230,8	39,2	1 176 876,00 €	392 292,00 €	1 805,6 €
9	1730,7	259,6	44,1	1 323 985,50 €	441 328,50 €	2 031,3 €
10	1923	288,5	49,0	1 471 095,00 €	490 365,00 €	2 257,0 €
11	2115,3	317,3	53,9	1 618 204,50 €	539 401,50 €	2 482,7 €
12	2307,6	346,1	58,8	1 765 314,00 €	588 438,00 €	2 708,4 €
13	2499,9	375,0	63,7	1 912 423,50 €	637 474,50 €	2 934,1 €
14	2692,2	403,8	68,7	2 059 533,00 €	686 511,00 €	3 159,8 €

Taulukosta 21 voidaan nähdä, että pääomankustannus kehittyy viikkotasolla merkittävästi, kun raaka-ainetta syntyy viikossa 192,3 tonnia. On hyvin tärkeää löytää mahdollisimman kustannustehokas vaihtoehto, milloin kannattaa tuotantolaitosta lähteä ajamaan, jotta tuotantolaitoksen käytön sekä pääoman sitoutuneet kustannukset olisivat mahdollisimman pienet tutkimuksessa tarkasteltavilta toiminnoilta.

4.3 Sitoutuneen pääomankustannukset sekä käyttökustannukset

Tässä kappaleessa käsitellään tuotannonkustannukset ja pääomankustannukset yhdistettynä. Kappaleessa tarkastellaan, miten kustannukset muuttuvat, kun kustannusten tarkastelu yhdistetään. Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa kokonaiskuva annetuista kustannuksista ja tarkastella kokonaiskustannusta, mitä syntyy, kun raaka-ainetta on varastossa ja kun raaka-ainetta lähdetään käsittelemään tuotantolaitoksessa. Kustannukset on tarkasteltu 14 viikon osalta ja 14 viikon kertymän mukaan. Tuotantolaitoksen käyttökustannuksia on tarkasteltu samalla periaatteella, kuin pääomankustannuksia. Tuotannon käyttökustannuksia on tarkasteltu 14 viikon kertymän mukaan ja oletettu, että raaka-ainemäärä kumuloituu 192,3 tonnia viikossa. Tuotannonkustannukset ovat laskettu tämän kumuloituneen raaka-ainemäärän mukaan.

Kuvassa 15 on esitetty kustannukset yhdistettynä. Kuvasta voi havaita, että käsitellyn raaka-aineen tonnihinta pienenee aina 14 viikolle saakka. Saaduista tuloksista voidaan havaita, että kokonaiskustannus on edullisempi, mitä suurempaa tonnimäärää käsiteltäisiin raaka-ainetta kerralla.



Kuva 15. Kokonaiskustannusten vertailu varastossa olevaan raaka-ainemäärää kohden.

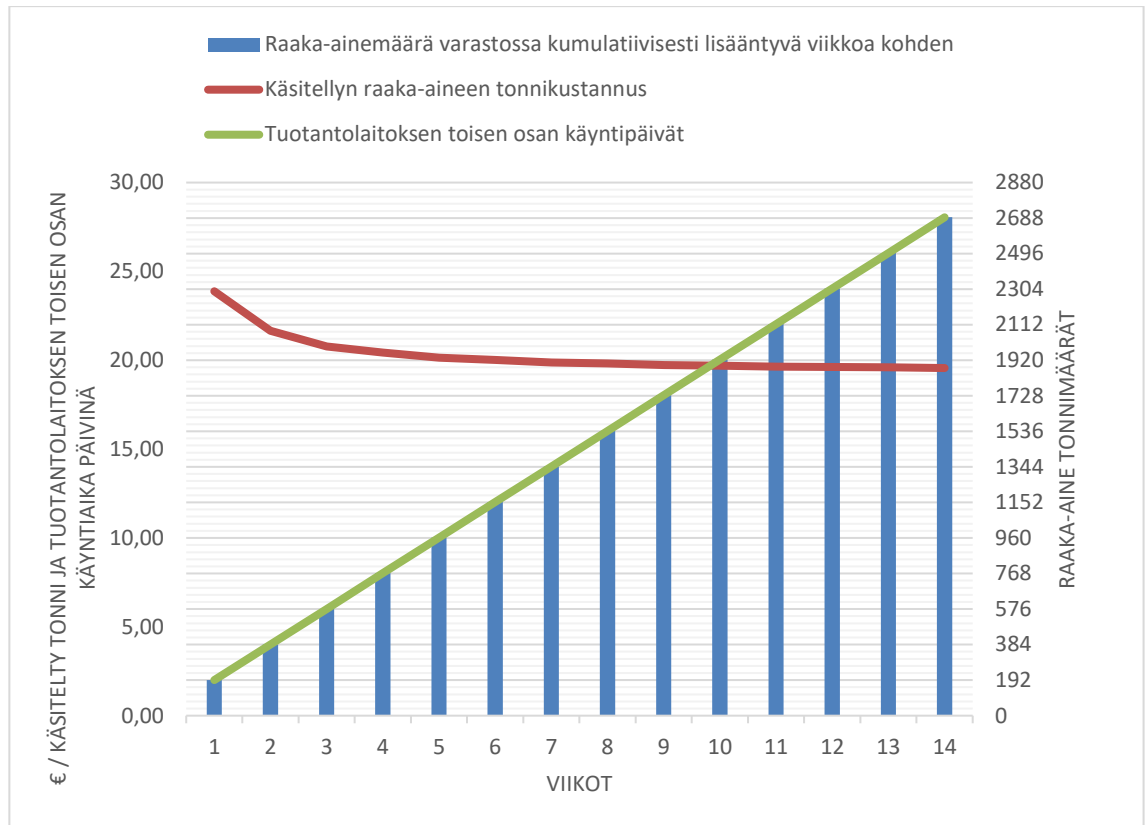
5. SUOSITUKSET TUOTANTOLAITOKSEN AJOTAVASTA

Tässä kappaleessa annetaan tutkimukseen perustuvat suositukset ajotavoista. Suosituksissa on otettu huomioon mahdollinen varastotilan puute raaka-ainevarastolla. Suosituksissa on laskettu käyntipäivät tuotantolaitoksen toisen osan mukaan, jonka kapasiteetti on 4 tonnia tunnissa. Toisen osan kapasiteetti on huomattavasti pienempi verrattuna ensimmäisen osan kapasiteettiin, joka on 150 tonnia tunnissa. Suositellut ajotavat perustuvat tutkimuksessa saatuihin tuloksiin teoreettisella raaka-aineen muodostumisen määrällä viikossa.

5.1 Ensimmäinen suositus tuotantolaitoksen käytölle

Saatujen tulosten perusteella ensimmäiseksi suositukseksi laitoksen käynnistämiseksi on viikko 7. Viikon 7 raaka-ainemäärällä saadaan ajettua hyvä ja tasapainoinen tuotantolaitoksen ajo. Viikkoon 7 mennessä raaka-ainetta on syntynyt varastoon teoreettisesti 1346,1 tonnia.

Kuvasta 16 voidaan nähdä raaka-ainevaraston, kustannuksien sekä päivien muodostama kustannustaulukko. Viikolla 7 tuotantolaitoksen yhtämittainen ajojakso olisi 14 päivää, ja se osaltaan helpottaa tuotantoinsinöörin tuotannonsuunnittelua. Raaka-aineen varaston kiertonopeus on viikon 7 osalta 14 päivää. Tuotantolaitoksen käydessä viikon 7 raaka-ainemäärällä 14 päivää, syntyy varastoon samalla lisää raaka-ainetta teoreettisesti 384,6 tonnia. Kustannukset käsiteltyä raaka-ainetonnina kohden olisi 19,86 euroa. Kuvasta 16 voidaan nähdä, että tuotantolaitoksen käytön kokonaiskustannukset menevät alle 20€ ensimmäistä kertaa viikolla 7.



Kuva 16. Kuvasta voidaan nähdä tuotantolaitoksen käsittelyn kustannukset valitulla viikolla sekä tuotantolaitoksen käyntiajan vasemmalta y-akselilta.

Teoreettinen tilavuus raaka-aineen varastopaikalle tuotantolaitoksen ensimmäisessä osassa on 1692,6 tonnia. Tämä tarkoittaa viikon 7 kohdalla sitä, että kaikki valmiit raaka-aineet voidaan kuljettaa kerralla tuotantolaitoksen ensimmäiseen osaan varastoon. Työn suosituksena on aloittaa materiaalinkäsittely viikolla 5, jolloin varastossa on tuotetta 961,5 tonnia. Viikon aikana saadaan tehtyä valmista raaka-ainetta tuotantoa varten 944 tonnia. Tällä varmistetaan, että kaikki materiaalit saadaan käsiteltyä ja kuljettua siten, että tuotantolaitos ei myöhästy viikon 7 tuotannon aloituksesta. Jos aloituksesta myöhästytään, aiheutuu pääomankustannuksiin lisäkuluja. Jos materiaalia alettaisiin käsitellä vasta viikolla 7, kun raaka-aineen määrä tulisi täyteen, tarkoittaisi se, että raaka-ainetta käsiteltäisiin valmiiksi asti raaka-ainevarastolla 57,1 tuntia. Tämä tarkoittaa yli viikon normaaleja virka-ajan työtunteja sekä yli viikon myöhästymää viikon 7 tuotannon aloitusajasta.

Viikon 7 tuotannon aloitusaikaa puolsi lisäksi yksi oleellisesti kriittinen tekijä. Ensimmäisen tuotantolaitoksen tuotteen varasto-osan teoreettinen tilavuus on 1317 tonnia. Jos mennään esimerkiksi viikoille 8 tai 9, tarkoittaa tämä raaka-aineen määrässä sitä, että tuotantolaitoksen ensimmäistä osaa jouduttaisiin ajamaan kaksi kertaa. Nämä ylimenevät viikot toisivat osaltaan yhdet ylösajo- ja alasajokustannukset ja tämä muuttaa laskelmien kannattavuutta.

Suosittelun käynnistysaika tuotantolaitokselle olisi virka-aikana niin, että sen pysäytysajankohta olisi virka-aikana. Tämä helpottaa tuotannon vastuullisen insinöörin työtä valvoa ja laskea tuotantolaitoksen käyntiä sekä ajoittaa ja suunnitella tulevan vuoden tuotantolaitoksen ajot tasaisesti jakaen ne tulevalle vuodelle. Vuositasolla käyntikertoja muodostuisi viikon 7 raaka-ainemäärällä yhteensä 7,42 kertaa. On toki pohdittava, pysyisikö 0,42 kertaa jakaa tasaisesti 7 kokonaiselle käyntikerralla tuotannon suunnittelun vaiheessa. Yhteensä käyntipäiviä tuotantolaitoksen toiselle osalle tulisi 104,04 vuorokautta vuodessa.

Tuotantolaitosta ohjaavien operaattorien kannalta virka-aikana pysäyttäminen varmistaa mahdollisen ylimääräisen tuen alas- ja ylösajotilanteessa. Tämä helpottaa operaattorien työtä, jos esimerkiksi muissa prosesseissa, joita he ohjaavat, on mahdollisesti ongelmatilanteita tai aikaa vieviä töitä.

Logistiikka-alihankkija pitää olla informoitu tuotantolaitoksen käynnistysajankohdasta, jotta he pystyvät suunnittelemaan omat resurssinsa niin, että ylityökustannuksia ei tule, kun raaka-ainetta aletaan käsitellä tuotantolaitoksen käyttöä varten. Yhtenä suosituksen perustana on se, että raaka-ainemäärälle, joka on muodostunut viikkoon 7 mennessä, on varastoituna erittäin suurella pinta-alalla raaka-ainevarastolla. Kaikki yli viikon 7 tutkitut raaka-ainemäärät voi aiheuttaa tilan ahtautta raaka-ainevarastolla. Logistiikan alihankkijan kanssa suositellaan pitämään kuukausittain yhteisiä palavereja, jossa käsitellään tuotannon aloitukseen ja lopetukseen liittyviä asioita. Palaverilla varmistetaan tuotannon toimihenkilöiden keskuudessa varmuus, että käynnistysajankohta on tiedossa kaikilla tuotantolaitokseen liittyvillä toiminnoilla.

5.2 Toinen suositus tuotantolaitoksen käytölle

Toisekseen suositelluksi ajotavaksi varastoilla on viikko 6 ottaen huomioon varastotilat raaka-ainevarastolla sekä tuotantolaitoksella. Taulukosta 22 voidaan nähdä, että viikon 6 ja viikon 7 kustannusten erotus raaka-aineen muodostamalla käsittelykustannuksella on vain 15 senttiä. Viikon 6 käsitellyn tonnin kustannus on 20,01€, mikä nähdään taulukosta 22. Käsittelyaika tuotantolaitoksella pienenee myös, kun raaka-ainetta on tuotantolaitokselle vähemmän käsiteltäväksi. Viikon 6 raaka-ainemäärällä tuotantolaitoksen toisen osan käynti yhtäjaksoisesti on 12 päivää, joka lyhyempänä käyntiaikana helpottaa tuotannoninsinöörin suunnittelutyötä tuotannonsuunnitelmien tekemisessä.

Teoreettinen tilavuus raaka-aineenvarastopaikalle tuotantolaitoksen ensimmäisessä osassa on 1692,6 tonnia. Tämä tarkoittaa viikon 6 kohdalla sitä, että kaikki valmiit raaka-aineet mahtuvat tuotantolaitoksen ensimmäisen osan varastopaikalle. Tämä helpottaa osaltaan tuotannoninsinöörin tuotannonsuunnittelutyötä. Työn suosituksena on aloittaa materiaalin käsittely viikolla 5, jolloin varastossa on tuotetta 961 tonnia. Viikon aikana saadaan tehtyä valmista raaka-ainetta tuotantoa varten 944 tonnia. Tällä määrällä varmistetaan, että kaikki materiaalit saadaan käsiteltyä ja kuljettua siten, että tuotantolaitos ei myöhästy viikon 6 materiaalimäärästä ja aiheuta lisäkuluja pääomankustannuksiin. Jos materiaalia alettaisiin käsitellä vasta viikolla 6, kun raaka-ainemäärä tulisi täyteen. Tämä tarkoittaisi sitä, että raaka-ainetta käsiteltäisiin valmiiksi asti raaka-ainevarastolla 48,1 tuntia. Se tarkoittaa yli viikon normaaleja virka-ajan työtunteja sekä yli viikon myöhästymää viikosta 6.

Yhtenä vuotena käyntikertoja tulisi teoreettisesti viikon 6 raaka-ainemäärällä 8,67 kertaa, mikä tarkoittaa käyntipäiviä tuotantolaitoksen toiselle osalle yhteensä 104,2. Harvojen käyntipäivien ansiosta antaa se aikaa myös kunnossapidollisille töille. Tämä avaa mahdollisen säästöpotentiaalin, kun huoltoja pystytään tekemään suunnitelmallisesti läpi vuoden. Tämä tarkoittaa myös sitä, että tuotantolaitokselle ei tarvitse pitää suurta ja pitkää vuosihuoltoseisokkia, vaan huollot pystytään suunnittelemaan vuoden aikana niin, että tuotantolaitoksen käymättöminä päivinä voidaan suunnitelmallisesti huoltaa tuotannonlaitteita.

Taulukko 22. Kokonaiskustannus tuotantolaitoksen käytölle pääoma- + käyttökustannukset esitettynä.

Viikko	Kumulatiivinen raaka-aine varasto tonneissa	Pääoman kustannus + käyttökustannus	Käsittelykustannus raaka-aine tonnia kohti	Ero edelliseen kustannukseen
1	192,3	4 589,0 €	23,86 €	
2	384,6	8 322,1 €	21,64 €	-2,23
3	576,9	11 971,1 €	20,75 €	-0,89
4	769,2	15 705,1 €	20,42 €	-0,33
5	961,5	19 354,2 €	20,13 €	-0,29
6	1153,8	23 087,2 €	20,01 €	-0,12
7	1346,1	26 736,2 €	19,86 €	-0,15
8	1538,4	30 470,3 €	19,81 €	-0,06
9	1730,7	34 119,3 €	19,71 €	-0,09
10	1923	37 852,3 €	19,68 €	-0,03
11	2115,3	41 501,3 €	19,62 €	-0,06
12	2307,6	45 235,4 €	19,60 €	-0,02
13	2499,9	48 950,4 €	19,58 €	-0,02
14	2692,2	52 617,4 €	19,54 €	-0,04

Viikko 6 suosituksen lisäperusteluina on vielä kaksi puoltavaa tekijää. Ensimmäisenä perusteluna on fakta kustannuksista. Jos tuotantolaitosta ajettaisiin viikon 8 raaka-ainemäärällä, tarkoittaisi se sitä, että tuotantolaitoksen ensimmäisen osan tuotteen varastolaari tulisi täyteen 1317 tonnin kohdalla. Varaston tullessa täyteen tarkoittaa se suoraan, että tuotantolaitoksen ensimmäistä osaa jouduttaisiin käyttämään kaksi kertaa viikon 8 raaka-ainemäärällä. Taulukossa 23 on verrattuna kustannuksia, jotka on esitetty niin, että viikon 8 raaka-ainemäärällä tuotantolaitoksen ensimmäistä osaa on ajettu kaksi kertaa. Eli ensimmäinen osa on ottanut kantaakseen kahden käynnistyksen ja alasajon kustannukset. Näitä kustannuksia verrataan suoraan viikon 6 kustannuksiin.

Taulukko 23. Viikon 8 kustannukset verrattuna viikon 6 suoriin kustannuksiin.

Viikko	Kumulatiivinen raaka-aine va- rasto tonneissa	Pääoman kustannus + käyttökustannus	Käsittelykustan- nus raaka-aine tonnia kohti	
8	1538,4	30 745,3 €	19,99 €	Tuotantolaitoksen ensimmäi- nen osa käy kaksi kertaa.
6	1153,8	23 087,2 €	20,01 €	

Vertailussa voidaan havaita, että kustannusero on vain 2 senttiä. Vuositasolla voidaan todeta, että kustannusero ei ole merkittävä. Toinen perustelu on, että viikon 8 raaka-aineen määrällä tuotannonsuunnittelu hankaloituu oleellisesti, koska tuotantolaitoksen ensimmäistä osaa joudutaan ajamaan kaksi kertaa. Tämä aiheuttaa eri toimijoiden kes-
kelle enemmän sovittelua, verrattuna siihen, että viikon 6 raaka-ainemäärällä voidaan ajaa tuotantolaitoksen ensimmäistä osaa niin, että tuotantolaitoksen molempiin varastoi-
hin mahtuu juuri viikon 6 raaka-aineenmäärät.

6. PÄÄTELMÄT

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten uuden tuotantolaitoksen kustannukset muodostuvat ja mikä olisi kustannustehokkain tapa käyttää tuotantolaitosta. Tuotannon suunnittelusta ja tehokkuudesta on tehty tutkimuksia mm. Harjunkoski et al., ovat tutkineet miten muuttuvassa tuotantoympäristössä saataisiin tuotannonsuunnittelua ja aikataulusta tehokkaammaksi esimerkiksi tuotannonsuunnitteluohjelmiston avulla. Heidän tutkimuksen ajurina oli tuotantolaitoksen käyttökustannuksien jatkuva alentamisen tarve, jotta tuotantolaitokset pysyivät mahdollisimman tehokkaana ja kilpailukykyisinä dynaamisessa maailmassa. (Harjunkoski et al., 2009)

Tavoitteena oli kirjallisuustarkastelujen perusteella löytää tärkeimpiä tekijöitä, joilla voi tarkastella kustannuksia ja näin osoittaa päätöksentekijälle tukea, miten tuotantolaitosta kannattaa ajaa tämän tutkimuksen perusteella. Kirjallisuuskatsauksen ensimmäinen osa keskittyi kertomaan yleisesti, mitä tuotannon toiminta on. Ensimmäisessä osassa käsiteltiin eri tuotannon muotojen valintaan perustuvia tekijöitä sekä käsiteltiin tuotannon tavoitteita yrityksessä kokonaisuudessaan.

Tutkimuksia teoreettisesta aiheesta on tehty Daniel ja Guide ovat tutkineet, mitkä ovat tärkeitä tekijöitä uudelleenprosessisoinnissa. Diplomityön kohteena oleva tuotantolaitos käsittelee jo kerran prosessoitua raaka-ainetta. Daniel ja Guide ovat tutkimuksessaan keskittyneet logistiikan ja jälleen kierrätetyn materiaalin arvon korottamiseen yritykselle. Tutkimuksessaan he ovat käsitelleet, miten aikataulu ja kokonaiskustannukset sekä kiertävän aineen talteen saannit saataisiin parhaiten käsiteltyä niin, että arvo säilyisi. (Daniel ja Guide, 2000) Voidaan todeta, että diplomityön tutkimus on ollut aiheellinen osaltaan.

Kirjallisuustarkastelun toisessa osassa keskityttiin johdon laskentatoimeen. Tarkastelussa esiteltiin, miksi johdon laskentatoimi on tärkeää yrityksessä. Johdon laskentatoimi voidaan mieltää yrityksen sisäisen laskennan yhdeksi tärkeimmäksi osaksi. Toisessa osassa käsiteltiin, miten kustannuslaskenta liittyy johdon laskentatoimeen ja mitä osalueita liittyy kustannuksien laskemiseen yrityksessä ja minkä takia kustannuslaskenta on tärkeää. Viimeisenä teorian tarkasteluna tarkasteltiin varastojen merkitystä yrityksessä. Teoriaosuudessa käytiin läpi, mitkä olennaiset tekijät muodostavat kustannuksen yrityksen varastoissa ja miten varastoja kannattaa tarkastella. Varastojen hallinnasta on tehty tutkimuksia mm. Toktay et. al ovat tutkineet eri matemaattisten mallien avulla, miten

kierrätettävän materiaalinkustannukset voitaisiin pitää yrityksessä mahdollisimman alhaisina. (Toktay *et al.*, 2000)

Tutkimuksen empiirisessä osiossa tarkasteltiin käytännössä kahden logistisen toiminnon kestoa. Kokeet tehtiin logistiikan alihankkijan toimesta ja tiedot toimitettiin tutkimukseen helmikuussa 2019. Myös tutkimustyötä varten lähetettiin kysely kahdelle projektitiimin jäsenelle koskien uuden tuotantolaitoksen ylös- ja alasajoaikojen kestoa.

6.1 Tavoitteiden saavutus ja työn tuloksien merkitys

Tutkimustyön tulokset saavuttivat tavoitteensa pääkysymyksen osalta. Tämä tutkimus voidaan todeta onnistuneeksi. Työn valittujen kustannustekijöiden muodostamat kustannukset pystyttiin tarkastelemaan halutulla tasolla, jotka vaikuttavat tuotantolaitoksen käyttöön. Pääomakustannusten selvittäminen viikkotasolla avasi lisää ymmärrystä tuotantolaitoksen kokonaiskustannuksiin, kun pääomakustannus liitettiin yhteen tuotantolaitoksen kokonaiskustannuksien kanssa. Pääomakustannuksien merkitystä on tutkinut Buzacott & Chang tutkimuksessaan ”Inventory Management With Assed Based Financing”. Tutkimuksessaan he painottivat, että yrityksen on tärkeää hallita pääomakustannuksiaan. Tässä tutkimuksessa esitettiin pääomakustannukset Boliden Harjavallalle teoreettisesti syntyvälle raaka-ainemäärälle 14 viikon kumulatiivisen määrän mukaisesti. Tämä tieto on tärkeää, jotta voidaan ymmärtää, miten paljon raaka-aineen välivarastointi aiheuttaa kustannuksia. Tutkimuksessa menttiin erittäin syvälle tuotantolaitoksen eri toimintojen muodostamissa kustannuksissa ja sitä kautta saatiin erittäin tarkkaa tietoa kustannusten muodostumisesta kohdeyrityksessä. Suomala *et al.*, painottivat kustannusten johtamista kirjassaan ”Laskentatoimi johtamisen tukena”, että yrityksessä on hyvin tärkeää tietää toimintojen kustannukset. Ilman kustannustietoa on yrityksen vaikea ymmärtää ja kehittää toimintoja kustannustehokkaammaksi. Työssä saatuja tuloksia voidaan tulevaisuudessa verrata kaikkiin toteutuviin toimintokohtaisiin määriin. Tuloksia voidaan verrata esimerkiksi, miten logistiikka toiminnot toteutuivat. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu tarkasti toimintokohtaisesti, miten toiminnot toteutuvat tulevaisuudessa. Esimerkiksi tilanteessa, jossa vuotuinen raaka-ainemäärä tulevaisuudessa mahdollisesti kasvaisi. Työn tuloksien avulla pystytään analysoimaan eri toimintojen kustannuksia eri raaka-ainemäärillä. Tämä auttaa Boliden Harjavaltaa miettimään ja mahdollisesti tehostamaan tuotantolaitoksen eri toimintoja mahdollisten raaka-ainemäärien kasvaessa tulevaisuudessa. Työn tulokset auttavat Boliden Harjavaltaa analysoimaan, onko mahdollisesti kuljetuskalusto oikea raaka-aineen siirtämisen osalta. Tuloksista voidaan pohtia, onko tulevaisuudessa mahdollista kilpailuttaa esimerkiksi logistiikkatoiminnot tuloksien

perusteella tai onko mahdollista investoida tai muuttaa vielä jotain tuotannonosaa kustannustehokkaammaksi.

Työ loi kokonaisvaltaisesti ymmärrystä koko tuotantolaitoksen käytönkustannuksista. Erityisesti työn kustannukset ja niiden tarkastelu opettivat henkilökohtaisesti näkemään enemmän kokonaisuuksia sekä ajattelemaan tarkasti ja kokonaisvaltaisesti, mistä kustannukset muodostavat. Työkalua ja tapaa, jolla työ tehtiin, voidaan monistaa ja kehittää sekä tarkastella myös muita toimintoja mahdollisesti Boliden Harjavallassa.

6.2 Työn tuloksien merkitys tuotantolaitoksen käyttäjälle

Työn merkitystä voidaan pitää tärkeänä tietona tuotantolaitoksen käytöstä vastaavalle henkilölle. Työn lopputulema kertoo, kuinka paljon kustannus on valitulle raaka-ainemäärän käsittelylle tuotantolaitoksessa sekä kuinka paljon sitoutuneen pääomankustannuksia kertyy valitulle raaka-ainemäärälle varastossa. Tutkimuksen avulla päätöksentekijä pystyy tarkastelemaan annetulla työkalulla, mikä on sopivin vaihtoehto lähteä käyttämään tuotantolaitosta. Työssä ilmenee, kuinka kauan tuotantolaitoksen ensimmäinen osa käy ja kuinka kauan tuotantolaitoksen viimeinen osa käy, mikä helpottaa päätöksentekijää hahmottamaan tuotantolaitoksen kokonaiskäyntiaikaa. Luovutettavaa työkalua voi myös käyttää osaltaan budjetoinnin avuksi, joka auttaa merkittävästi tuotannoninsinööriä työssään. Työkalun avulla pystyy laskemaan, kuinka paljon valitun raaka-ainemäärän logistiset kustannukset ovat. Työkalun avulla pystyy näkemään, kuinka paljon tuotantolaitoksen energiankulutus on tuotannonlaitteille valitulla raaka-ainemäärällä. Kaiken kaikkiaan tutkimuksen avulla voidaan luoda ymmärrystä uuden tuotantolaitoksen käytönkustannuksista kokonaisuudessaan. Työkalun avulla voidaan tulevaisuudessa arvioida, mitä asioita voitaisiin tehdä toisin, jotta kustannuksia voitaisiin vielä alentaa valitulla raaka-ainemäärällä. Mahdollisesti kehittää toimintoja esimerkiksi investointien kautta. Työn suosituksissa on myös otettu kantaa, milloin esimerkiksi raaka-ainetta kannattaa alkaa käsitellä, jotta suosituksen toteutuneella viikolla raaka-ainetta olisi valmiiksi käsiteltynä varastopaikoilla.

6.3 Jatkotutkimusalueet

Diplomityön tuloksista nousi esiin merkittävä asia, joka suositellaan Boliden Harjavallan ottavan jatkotutkimuksiin. Tutkimuksessa löydettiin yhteys siihen, että mitä enemmän raaka-ainetta käsitellään, niin käsiteltävän raaka-ainetonnin kustannus on edullisempi. Tämän tutkimustuloksen mukaan myös raaka-aineen puhtaan kuparitonniin määrä kasvaa varastossa. Boliden Harjavallassa kuparitonniin yhteismäärälle on asetettu tietty raja kokonaisuudessaan. Jos tuotantolaitosta aletaan käyttää tutkimuksen mukaisesti, nostaa tämä omalta osuudeltaan tätä kokonaisvarastoitua kuparimäärää yhtiössä. Joten voidaan olettaa, että uuden tuotantolaitoksen käynnistyvän prosessin raaka-aine tulee uudeksi jakeeksi tähän taulukkoon, joka nostaa varaston kuparitasoa itsestään. Toisena jatkotutkimus alueena ehdotetaan Boliden Harjavallalle tutkia tarkastella vuoden 2020 lopussa, miten toteutuneet kustannukset ovat menneet ja miten paljon raaka-ainetta on syntynyt oikeasti. Tämän avulla pystytään vielä tarkastelemaan kustannustehokasta ajotapaa ja miettiä toimintoja uudelleen.

LÄHTEET

- Boliden Harjavallan www-sivut. (2019) Saatavissa: <https://www.boliden.com/fi/operations/smel-ters/boliden-harjavalta> (Viitattu 17.05.2019)
- Buzacott, J.A. & Zhang, R.Q. (2001) Inventory Management With Assed Based Financing: Saa-tavissa: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.1040.0278>
- Hall, M. (2010) Accounting information and managerial work. (2010) Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361368209000956> (Viitattu 10.5.2019)
- Harjunkoski, I., Nyström, R., & Horch, A. (2008) Integration of scheduling and control - Theory or practice? Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135409001690> (Viitattu 9.5.2019)
- Haverila, M.J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. (2009) Teollisuustalous. 6 painos. Tam-pere: Infacs Oy.
- Hill, A. & Hill, T. (2009) Third edition. Manufacturing operations strategy. Published: Palmgrave Macmillan
- Hoque, Z. 2nd edition. Strategic Management Accounting, Concepts, Processes and Issues. Saa-tavissa: <http://testbankcollection.com/wp-content/uploads/2017/08/solution-manual-Strategic-Management-Accounting-2nd-Zahirul-Hoque.pdf> (Viitattu. 26. Huhtikuuta 2019)
- Huhtala, P. & Pulkkinen, A. (2009) Teknolgieollisuuden julkaisu 4/2009. Tampere: Esa print Oy
- Kallrath, J. (2002) Planning and scheduling in the process industry. Saatavissa: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s00291-002-0101-7> (Viitattu: 25. Huhtikuuta 2019)
- Knuutinen, T. (2017) Pilot Scale Test Work on Boliden Harjavalta Smelter Slags, Bolidenin sisäi-nen raportti.
- Krajewski, L.J. & Ritzman, L., P. (2005) Seventh edition. Operations management: Processes and Value Chains. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Lecklin, O. (2006) Laatu yrityksen menestystekijänä. 5., uudistettu painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Lee, H.L. & Billington, C. (1992) Managing supply chain inventory: Pitfalls and Opportunities. Saatavissa: http://allman.rhon.itam.mx/~gigola/Curso_pron_inv/Pitfalls.pdf (Viitattu: 17. Huhtikuuta 2019).
- Lehtonen, J-M. (2004) 1. painos. Tuotantotalous. Vantaa: Dark Oy
- Maravelias, T. C. & Sung, C. (2008) Integration of production planning and scheduling Overview, challenges and opportunities. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135409001501>
- Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. (2016) 1. painos. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Messner, M. (2016) Does industry matter? How industry context shapes management accounting practice. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044500515000591> (Viitattu: 23. Huhtikuuta 2019)
- Slack, N., Brandon-Jones, A. & Johnston, R. (2013) Seventh Edition. Operations management. Pearson Education Inc.
- Socea, A.D. (2012) Managerial decision-making and financial accounting information. Saata- vissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812044394>
- Suomala, P., Manninen, O. & Lyly-Yrjänäinen, J. (2011) Laskentatoimi johtamisen tukena. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

- Swami, S. (2012) Executive functions and decision making A managerial review. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0970389613000645>
- Toktay, L.B., Wein, L.M & Zenios, S.A. (2000) Inventory Management of Remanufacturable Products. Saatavissa: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.46.11.1412.12082>
- Ward, K. (1992) 1st Edition. Strategic Management Accounting. Published: London.
- Wouters, M. & Verdaasdonk, P. (2002) Supporting Management Decisions with ex ante Accounting Information. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263237301001165>
- Yin, R.K. (1981) The Case Study Crisis: Some Answers. Saatavissa: <https://www.jstor.org/stable/pdf/2392599.pdf>